

Vertaileva tutkimus koiran henkitorven läpimitan mittaamisesta röntgen- ja tietokonetomografiamenetelmillä

Lisensiaatin tutkielma

Helsingin yliopisto

Eläinlääketieteellinen tiedekunta

Kliinisen hevos- ja pieneläinlääketieteen osasto

Eetu Kangas

2019

Johtaja: Professori Mirja Ruohoniemi

Ohjaaja: Dosentti Minna Rajamäki

Tiedekunta - Fakultet - Faculty		Osasto - Avdelning – Department	
Eläinlääketieteellinen tiedekunta		Kliinisen hevos- ja pieneläinlääketieteen osasto	
Tekijä - Författare - Author			
Eetu Kangas			
Työn nimi - Arbetets titel - Title			
Vertaileva tutkimus koiran henkitorven läpimitan mittaamisesta röntgen- ja tietokonetomografiamenetelmillä			
Oppiaine - Läroämne - Subject			
Eläinlääketieteellinen kliininen diagnostiikka			
Työn laji - Arbetets art - Level	Aika - Datum - Month and year	Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages	
Lisensiaatin tutkielma	04/2019	46	
Tiivistelmä - Referat – Abstract			
<p>Koiran henkitorvi on hengityselimistön osa, joka yhdistää ylemmät hengitystiet keuhkoihin mahdollistaen hengitysilman kulkeutumisen keuhkorakkuloihin. Henkitorvi koostuu limakalvosta, rustorenkaista, sileälihaskerroksesta sekä <i>tunica adventitiasta</i>. Tavallisimpia koiran henkitorven sairauksia ovat koirien tarttuva henkitorven ja keuhkoputkien tulehdus eli kennelyskä, trakeobronkomalasia ja henkitorven kollapsi. Muihin henkitorven sairauksiin lukeutuvat kasvainsairaudet, loissairaudet sekä synnynnäiset epämuodostumat kuten henkitorven hypoplasia. Henkitorven diagnosiassa kuvantamisessa tärkeimmät kuvantamismenetelmät ovat tietokonetomografia, röntgenkuvaus ja tähystystutkimus. Muita mahdollisia kuvantamismenetelmiä ovat ultraäänitutkimus sekä läpivalaisu. Henkitorven sairauksia ja kuvantamista käsitellään tutkielman kirjallisuuskatsausosuudessa.</p> <p>Tässä retrospektiivisessä tutkimuksessa mitattiin 58 koiran henkitorven läpimittoja röntgen- ja tietokonetomografiakuvista. Mittauskohdat olivat rintaontelon apertuura sekä carina. Mittaus toistettiin joka kuvasta kolme kertaa. Lisäksi mitattiin rintaontelon apertuuran läpimitta sekä kolmannen kylkiluun paksuus, joita käytettiin suhteuttamaan henkitorven kokoa eläimen kokoon.</p> <p>Tutkimuksessa havaittiin, että molemmilla menetelmillä henkitorven läpimitta oli suurempi carinan kohdalla kuin rintaontelon apertuuran kohdalla. Lisäksi havaittiin, että tietokonetomografiassa henkitorven läpimitta oli carinan kohdalla pienempi kuin röntgenkuvassa. Rintaontelon apertuuran kohdalla menetelmien välillä ei ollut eroa henkitorven läpimitassa. Aiemmissa aiheesta tehdyissä tutkimuksissa on havaittu röntgenkuvien aliarvioivan henkitorven läpimittaa verrattuna tietokonetomografiaan, mihin on saattanut vaikuttaa erot kuvaustavoissa verrattuna tähän tutkimukseen.</p> <p>Rintaontelon apertuuran läpimitta ja kolmannen kylkiluun läpimitta olivat tutkimuksessa suurempia röntgenkuvissa kuin tietokonetomografiassa. Tämä johtunee vaikeuksista saada tietokonetomografian kuvista mittaus tehtyä samasta kohdasta kuin röntgenkuvasta tehty mittaus. Tämä vaikutti myös apertuuran ja kylkiluun läpimitaan suhteutettuihin tuloksiin. Havaittiin, että henkitorven läpimitta rintaontelon apertuuran kohdalla suhteessa rintaontelon apertuuran läpimitaan (TD/TI) sekä henkitorven läpimitta carinan kohdalla suhteessa kolmannen kylkiluun läpimitaan (TT/3R) olivat suurempia tietokonetomografiassa kuin röntgenkuvissa.</p> <p>Henkitorven läpimitan havaittiin tutkimuksessa olevan sisäänhengitysvaiheessa suurempi kuin uloshengitysvaiheessa. Tämä johtunee henkitorvea ympäröivien kudosten paineen vaihteluista hengitysvaiheiden välillä.</p> <p>Tutkimuksessa paino korreloi vahvasti henkitorven läpimitaan. Valkoisilla länsylämaanantieriereillä oli tutkimuksessa keskimäärin pienempi henkitorven läpimitta kuin muiden rotujen edustajilla. Iällä oli käänteisesti kohtalaisesti korreloiva suhde henkitorven läpimitaan, mutta tämä todennäköisesti johtui tutkimuksen potilasmateriaalista, jossa iäkkäitä valkoisia länsylämaanantierierejä oli suuri osuus. Sukupuolella ei tutkimuksessa havaittu olevan merkitystä henkitorven läpimitaan.</p> <p>Mittauskertojen vaikutusta tuloksiin testattiin vertailemalla eri mittauskerroilla saatuja henkitorven läpimittoja. Mittauskertojen välinen vaihtelu, <i>coefficient of variation</i>, oli eri kohdista mitattuna 2,29 % ja 4,01 % välillä. Tilastollisesti merkittävä ero mittauskertojen välillä havaittiin tietokonetomografiamittauksissa verrattaessa kolmatta mittauskertaa ensimmäiseen ja toiseen mittauskertaan. Röntgenkuvien eri mittauskerroilla ei havaittu tilastollisesti merkittäviä eroja.</p>			
Avainsanat - Nyckelord - Keywords			
koira, henkitorvi, hypoplasia, kollapsi, tietokonetomografia, radiografia, röntgenkuvaus, mittaus, rintaontelon apertuura, carina			
Säilytyspaikka	-	Förvaringställe	-
HELDA – Helsingin yliopiston digitaalinen arkisto		Where	deposited
Työn johtaja (tiedekunnan professori tai dosentti) ja ohjaaja(t) - Instruktör och ledare - Director and Supervisor(s)			
Johtaja: Proffesori Mirja Ruohoniemi. Ohjaaja: Dosentti Minna Rajamäki			

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 KIRJALLISUUSKATSAUS	2
2.1. Koiran henkitorven ja keuhkoputkien kehitys ja anatomia.....	2
2.2. Koiran henkitorven ja keuhkoputkien sairaudet	3
2.2.1 Koiran tarttuva henkitorven ja keuhkoputkien tulehdus – kennelyskä	3
2.2.2. Krooninen bronkiitti.....	4
2.2.3. Allerginen bronkiitti.....	9
2.2.4. Henkitorven hypoplasia ja brakykefaalinen oireyhtymä	10
2.2.5. Trakeobronkomalasia ja trakeakollapsi	12
2.2.6. Henkitorven massat.....	16
2.3. Koiran henkitorven diagnostinen kuvantaminen	17
2.3.1. Ultraääni	17
2.3.2. Röntgen	18
2.3.3. Tietokonetomografia.....	19
2.3.4. Tähystys	21
2.3.5. Läpivalaisu	22
2.3.6. Kuvantamismenetelmien erot henkitorven tutkimisessa.....	22
3 AINEISTO JA MENETELMÄT	25
3.1. Aineisto	25
3.2. Mittaaminen	25
3.2.1. Mittauskerrat	25
3.2.2. Röntgenkuvien mittaus	26
3.2.3. Tietokonetomografian mittaus	27
3.2.4. Tilastolliset menetelmät	29

4 TULOKSET	30
4.1. Mittauskohdan ja -menetelmän vertailu	30
4.2. Painon, rodun, iän ja sukupuolen vertailu	32
4.3. Hengitysvaiheiden vertailu	36
4.4. Mittauskertojen vertailu	36
5 POHDINTA	39
5.1. Mittauskohdan vaikutus henkitorven läpimittaan	39
5.2. Kuvausmenetelmän vaikutus mittaukseen	39
5.3. Painon, rodun, iän ja sukupuolen vaikutus henkitorven läpimittaan	42
5.4. Hengitysvaiheen vaikutus henkitorven läpimittaan	45
5.5. Mittaajan vaikutus tutkimustuloksiin	46
6 LÄHDELUETTELO	47

1 JOHDANTO

Koiran henkitorven diagnostinen kuvantaminen on tarpeen epäiltäessä potilaalla olevan esimerkiksi henkitorven hypoplasiaa tai henkitorven kollapsia ja henkitorven mittojen selvittäminen diagnostisen kuvantamisen avulla on edellisten esimerkkien lisäksi tarpeen henkitorven kollapsin kirurgisen hoidon suunnittelussa.

Tämä tutkielma koostuu kirjallisuuskatsauksesta sekä tutkimusosiosta. Kirjallisuuskatsauksessa perehdytään ensin lyhyesti koiran henkitorven ja keuhkoputkien anatomiaan ja kehitykseen. Tämän jälkeen tutustutaan koiran henkitorven eri sairauksien etiologiaan, patogeneesiin, oireisiin, diagnostiikkaan ja hoitoon. Lopuksi kirjallisuuskatsauksessa paneudutaan vielä koiran henkitorven diagnostiseen kuvantamiseen.

Tutkimuksia henkitorven diagnostisesta kuvantamisesta on tehty jonkin verran, mutta ei röntgenin ja tietokonetomografian eroista henkitorven kuvantamisessa elävillä, henkitorven suhteen terveiltä ja eri rotuisilta koirilta. Samalla päätettiin tutkia henkitorven läpimittaan vaikuttavia muita tekijöitä. Tutkimusosiossa tarkastellaan 58 potilaskoiran henkitorven läpimittaa ja diagnostisia suhdelukuja sekä läpimitan suhdetta ikään, rotuun, painoon, sukupuoleen, hengitysvaiheeseen, mittauskohtaan sekä kuvantamismenetelmään.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

2.1. Koiran henkitorven ja keuhkoputkien kehitys ja anatomia

Henkitorvi on koiran hengityselimistön osa, joka yhdistää kurkunpään keuhkoihin mahdollistaen hengitysilman kulkeutumisen ylähengitysteistä keuhkoputkien kautta keuhkorakkuloihin, jossa tapahtuu hengityskaasujen vaihto. *Cartilago cricoidea* yhdistää henkitorven kurkunpäähän, josta henkitorvi jatkuu kaulan läpi ruokatorven ventraalipuolella rintaonteloon. Rintaontelossa se haarautuu koiralla kahdeksi pääkeuhkoputkeksi noin viidennen ja kuudennen rintanikaman kohdalla. Kaulan alueella henkitorvi sijaitsee melko keskellä, mutta rintaontelossa se siirtyy hieman oikealle aortan kaaren kohdalla. Henkitorvea ympäröi koko matkaltaan puoliavoimet rustorenkaat, joiden avoin osa on henkitorven dorsaalipuolella. Henkitorvi koostuu neljästä kerroksesta, jotka ovat sisältä ulos päin; limakalvo, rustorengas, sileälihaskerros ja *tunica adventitia*. Useilla nisäkäslajeilla sileä lihaskerros sijaitsee rustorenkaiden sisäpuolella, mutta mm. koiralla ja kissalla se sijaitsee rustorengaan ulkopuolella. (Dyce ym. 2010)

Henkitorvi kehittyy koiran alkiossa etusuolesta, joka puolestaan muodostuu alkiosolumassan alimmasta kerroksesta eli endodermista (Hyttel ym. 2010). Kirjassaan McGeady ym. (2006) kirjoittavat, että etusuolen alapinnalle muodostuu uurre neljännen nielukaaren kohdalle. Uurre syventyy ja pidentyy takaosaa kohti samalla, kun uurre kaventuu tyvestään oikealta ja vasemmalta puolelta (McGeady ym. 2006). Kun kaventumat molemmilta puolilta kohtaavat, muodostuu seinämä, joka jakaa etusuolen dorsaaliseen ja ventraaliseen osaan (McGeady ym. 2006). Seinämän dorsaalipuolelle jäävästä osasta muodostuu ruokatorvi ja ventraaliselle puolelle jäävästä osasta hengityselimistöä (McGeady ym. 2006). Etusuolen osasta, joka jää muodostuneen seinämän kraniaalipuolelle, kehittyy myöhemmin nielu (McGeady ym. 2006). Hengityselimistön esivaiheen takaosa haarautuu muodostaen oikean ja vasemman keuhkopuoliskon esivaiheet ja etuosasta muodostuu myöhemmin kurkunpää (McGeady ym. 2006). Kurkunpään ja keuhkojen esivaiheiden väliin jäävästä osasta kehittyy henkitorvi (McGeady ym. 2006). Henkitorven epiteeli sekä henkitorven limakalvo ja sen alaiset rauhaset kehittyvät endodermistä, kun taas henkitorven rustorenkaat, lihakset ja veri- sekä imusuonet

muodostuvat mesodermistä eli alkiosolumassan keskimmäisesti kerroksesta (McGeady ym. 2006).

2.2. Koiran henkitorven ja keuhkoputkien sairaudet

Hawkins (2014) kirjoittaa kirjan kappaleessaan, että koirilla tavallisimpia henkitorven ja keuhkoputkien sairauksia ovat koirien tarttuva henkitorven ja keuhkoputkien tulehdus eli kennelyskä, krooninen keuhkoputkien tulehdus, allerginen keuhkoputkien tulehdus, trakeobronkomalasia ja henkitorven kasaan painuminen eli trakeakollapsi. Kirjoittajien mukaan muita mahdollisia sairauksia ovat mm. kasvainsairaudet, loissairaudet sekä synnynnäiset epämuodostumat kuten henkitorven hypoplasia.

2.2.1 Koiran tarttuva henkitorven ja keuhkoputkien tulehdus – kennelyskä

Koiran tarttuva henkitorven ja keuhkoputkien tulehdus eli kennelyskä on yleisnimitys henkitorven ja keuhkoputkien tulehduksellisille sairauksille, jotka aiheuttavat koiralle tyypillisen oirekuvan. Oirekuvaan kuuluu oleellisesti äkillisesti alkava, voimakas yskä, joka usein pahenee koiran kiihtyessä tai kun kaulaan kohdistuu painetta esimerkiksi pannaan kautta tai kaulaa painamalla. (Hawkins 2014)

Tärkeimmät kennelyskää aiheuttavat patogeenit ovat koiran parainfluenssavirus (Wagener ym. 1984), koiran influenssavirus (Crawford ym. 2005), koiran adenovirus 2 (Tham ym. 1998), koiran herpesvirus tyyppi 1 (Binn ym. 1967), koiran coronavirus (Erles ym. 2003), *Bordetella bronchiseptica* (Wagener ym. 1984), *Mycoplasma cynos* (Chalker ym. 2004) sekä *Streptococcus equi* spp. *zooepidemicus* (Chalker ym. 2003). Kennelyskä diagnosoidaan oireiden ja esitietojen perusteella, mutta differentiaalidiagnooseissa tulee ottaa huomioon myös vakavammat sairaudet, joiden ensioireet voivat olla samankaltaisia kuin kennelyskän oireet. Lisädiagnostiikka on perusteltua, mikäli potilaan oireet eivät ala itsekseen hävitä tai jos oireet ovat systeemisiä tai eteneviä.

Kennelyskän hoidossa tärkeintä on pitää koira levossa. Erilaisia yskänlääkkeitä voidaan hoidossa käyttää, mikäli potilaan yskä ei ole runsaasti erittävä (Hawkins 2014). Antibiooteista ei ole useimmille potilaille hyötyä, sillä kennelyskä on yleensä itsestään rajoittuva sairaus eivätkä antibiootit tuhoa mahdollisia viruksia eikä yhdenkään antibioottiohjelman ole todistettu

kokonaan poistavan *Bordetella bronchiseptica*- tai *Mycoplasma* spp.-bakteereita hengitysteistä (Hawkins 2014). Tämän takia myös Eviran mikrobilääkkeiden käyttösuositus vuodelta 2016 suosittelee ensisijaiseksi kenneluskän hoidoksi mikrobilääkkeetöntä hoitoa. Mikäli antibiootteihin kuitenkin päädytään, doksisykliinillä on tehoa sekä *Mycoplasma* spp. että monia *Bordetella* kantoja vastaan (Lappin ym. 2017). Eviran mikrobilääkesuositus ohjeistaa toissijaiseksi hoidoksi doksisykliinin tai trimetopriimi-sulfonamidin käytön (Evira 2016). Myös amoksisilliini-klavulaanihappo-yhdistelmällä on todettu olevan *in vitro* tehoa monia *Bordetella* kantoja vastaan (Speakman ym. 2000). Gentamysiinia on käytetty höyrystettynä vaikeissa tapauksissa, mutta sen tehosta ei ole tehty kontrolloitua tutkimusta (Bemis & Appel 1977).

Kenneluskän ennuste on komplisoitumattomissa tapauksissa hyvä. Ennaltaehkäisyssä ovat tärkeitä rokotus- ja madotusohjelmat, hyvä hoitavan henkilökunnan ja koiran elintilojen hygieniat sekä pentujen ja muiden kenneluskälle alttiiden koirien tartuntapaineen minimointi (Hawkins 2014). Suomessa on yleisesti käytössä Eviran suosittelema ohjelma, jossa emä rokotetaan ennen astutusta ja pennut 12 viikon, 16-20 viikon sekä vuoden iässä rokotteilla, jotka sisältävät koiran parainfluenssarokotteen (Evira 2018). Tämän jälkeen Evira suosittelee tehostamaan parainfluenssarokotteen vuoden välein (Evira 2018). On olemassa myös rokotteita kenneluskän bordetellakomponenttia vastaan. Bordetellarokotteita voidaan antaa nahanalaisena pistoksena, suun kautta annettavana valmisteena tai nenän limakalvolle annosteltavina tippoina. Tutkimuksien mukaan kaikki yllämainitut eri rokotustavat immunisoivat koiran tehokkaasti *Bordetella bronchiseptica* vastaan suojaten koiraa osittain kenneluskätartunnalta (Ellis 2015). Eviran suosittelema rokoteohjelma ei mainitse bordetellarokotetta, mutta American Animal Hospital Associationin (AAHA) vuonna 2017 julkaisemassa rokotesuosituksessa bordetellarokote suositellaan annettavaksi ensin joko pistoksena kahdesti 2-4 viikon välein tai kerta-annoksena nenän limakalvoille tai suun kautta. Tämän jälkeen AAHA suosittelee antamaan tehosterokotteen vuoden välein (Ford ym. 2017).

2.2.2. Krooninen bronkiitti

Koiran krooninen keuhkoputkien tulehdus eli koiran krooninen bronkiitti määritellään sairaudeksi, jossa muiden sairauksien ollessa poissuljettuja koiralla on vuoden aikana yskää useimpina päivinä yhteensä kahden tai useamman kuukauden ajan. Nykytiedon valossa on oletettu, että kroonisen bronkiitin taustalla on pitkään jatkunut infektiota, allergian tai hengitettyjen haitallisten aineiden aiheuttama tulehdus. Liman liiallinen erityminen, ilmateiden

obstruktio ja limakalvojen vauriot ruokkivat jatkuvaa tulehduskierrettä lamauttamalla normaalia limakalvon värekarvojen toimintaa. (Rozanski 2014)

Tyypillisiä kroonisen bronkiitin sairastajia ovat keski-ikäiset ja vanhat pienien rotujen edustajat. Koira tuodaan usein eläinlääkärille jatkuvan, hitaasti pahenevan, koväänisen ja karkean yskän vuoksi. Yskä voi olla joko kuivaa tai kosteaa huolimatta sairaudelle tyypillisestä runsaasta liman erityksestä. Koiran kroonisessa bronkiitissa ei normaalisti ilmene systeemisiä oireita kuten painonmenetystä tai syömättömyyttä, mutta sairauden edetessä rasituksensietokyky alenee ja lopulta yskä muuttuu lakkaamattomaksi tai potilas voi alkaa kärsiä hengenahdistuksesta. (Rozanski 2014)

Koska koiran kroonisen bronkiitin määritelmään kuuluu ehto, että yskä on jatkunut vähintään kaksi kuukautta edellisen vuoden aikana, on diagnostiikassa tärkeää kysyä esitiedoissa koiran yskän kestoa, laatua sekä mahdollista etenemistä. Lisäksi esitiedoissa tulisi kysyä koiran mahdollisesta altistumisesta allergeeneille, myrkyille, ärsyttävälle aineille tai infektioita aiheuttaville tekijöille kuten muille koirille. Koiran krooninen bronkiitti ei aiheuta kuumetta. Potilaalta voidaan kuulla korostuneita hengitysäniä ja pitkälle edenneissä tapauksissa potilaalla saattaa esiintyä hengitysvaikeutta. Koiran kroonisen bronkiitin määritelmän vuoksi varmaan diagnoosiin pääsemiseksi tulee potilaalta sulkea pois muut mahdolliset samankaltaisia oireita aiheuttavat sairaudet. (Rozanski 2014)

Rintaontelon röntgenkuvaus on hyödyllisin tapa sulkea pois muita mahdollisia sairauksia. Koiran kroonisessa bronkiitissa rintaontelon röntgenkuvassa on usein bronkiaalinen keuhkokuvioitus, mutta muutokset ovat usein lieviä ja vaikeasti erotettavissa merkityksettömistä ikään liittyvistä muutoksista eikä muutoksia aina ole ollenkaan (Mantis ym. 2008). Henkitorven tai keuhkoputkien huuhtelunäyte tulisi mahdollisuuksien mukaan ottaa, kun koira tuodaan ensimmäistä kertaa tutkittavaksi ja oireiden pahennuttua jatkuvasti (Hawkins 2014). Kroonisessa bronkiitissa huuhtelunäytteessä on nähtävillä neutrofiilinen- tai sekataulehdus sekä lisääntynyt määrä limaa (Hawkins 2014). Tuhoutuneet neutrofiilit viittaavat bakteeritulehdukseen ja eosinofilia hypersensitiiviseen reaktioon allergian tai loisten seurauksena (Rozanski 2014). Huuhtelunäytteestä tulisi lisäksi tehdä bakteeriviljely sekä *Mycoplasma*-viljely tai -PCR-tutkimus (Hawkins 2014). Keuhkoputkien tähystys on hyödyllinen menetelmä epäiltäessä bronkiektasiaa tai muita samanaikaisia sairauksia (Johnson

ym. 2016). Edellisten tutkimusten jälkeen voidaan niiden tulosten sekä oirekuvan perusteella lisäksi suorittaa loistutkimuksia, sydämen ultraäänitutkimus sekä verinäytetutkimuksia potilaan systeemisen tilanteen selvittämiseksi (Hawkins 2014).

Kroonista bronkiittia hoidetaan oireiden, sairauden vakavuuden sekä mahdollisten samanaikaisten sairauksien mukaan (Rozanski 2014). Yleishoitona potilaan elinympäristöstä tulisi poistaa sairautta pahentavat tekijät kuten mahdolliset allergeenit, ärsyttävät aineet sekä myrkyt ja potilaan kanssa tulisi välttää kiihdyttäviä ja stressaavia tilanteita, sillä nämä lisäävät potilaan oireilua (Rozanski 2014). Suun ja nielun alueen bakteeriflooraa päätyy normaalisti hieman hengitysteihin, joten säännöllinen hampaiden huolto sekä omistajan että eläinlääkärin tekeminä on erityisen tärkeää (Hawkins 2014). Suun terveydenhuolto ennaltaehkäisee ja vähentää hammassairauksia ja bakteerimääriä (Watanabe ym. 2015), mikä saattaa vähentää aspiraation aiheuttamaa tulehdusta potilaalla, jonka limakalvon värekarvojen toiminta on heikentynyt (Hawkins 2014). Hengitysteiden kosteuden ylläpito edesauttaa limakalvojen normaalia toimintaa, joten hyvän nestetasapainon ylläpito kroonista bronkiittia sairastavalla potilaalla on suotavaa ja siten diureettien käyttöä tulee mahdollisuuksien mukaan välttää (Hawkins 2014). Hengitysteiden kosteutta voidaan ylläpitää myös höyrystimellä (Hawkins 2014). Mikäli potilaalla on ylipainoa, on painonpudotuksesta ja maltillisesta liikunnasta hyötyä (Rozanski 2014). Tällöin liikunnan määrä tulee suhteuttaa potilaan kuntoon ja eläinlääkärin opastaa omistajaa koiran hengitystiheyden, limakalvojen värin sekä hengityksen vaikeutumisen seuraamiseen (Rozanski 2014).

Kroonisen bronkiitin hallintaan käytettäviin lääkkeisiin kuuluu bronkodilataattorit, glukokortikoidit sekä yskänlääkkeet (Rozanski 2014). Bronkodilataattori teofylliinin käyttö ihmispuolella on vähentynyt uusien, vähemmän sivuvaikutuksia, aiheuttavien bronkodilataattorien myötä (Hawkins 2014). Ihmispuolen tutkimus on kuitenkin osoittanut, että teofylliinillä on tulehdusta vähentäviä vaikutuksia myös bronkodilataatiota aiheuttavaa annosta pienemmillä annoksilla, jolloin myös sivuvaikutukset vähenevät (Cosio ym. 2009). Teofylliini saattaa koirilla myös parantaa limakalvojen värekarvojen toimintaa, vähentää hengityselinten lihasten väsymistä ja estää mastosolujen tulehdusvälittäjäaineiden vapautumista (Bach ym. 2004). Teofylliinia on myös saatavilla pitkään vaikuttavina valmisteina ja sen plasmakonsentraation mittaaminen on mahdollista kaupallisilla laboratorioilla, mikä helpottaa sopivan annoksen löytämistä kullekin potilaalle (Hawkins 2014). Teofylliinin haittavaikutuksia

ovat ruuansulatuskanavan oireet, sydämen rytmihäiriöt, hermostuneisuus sekä kohtaukset (Shibata ym. 2000). Haittavaikutukset ovat terapeuttisilla annoksilla hyvin harvinaisia, mutta jotkin lääkkeet, kuten fluorokinolonit, hidastavat teofylliinin poistumista, mikä voi aiheuttaa teofylliiniemyrkytyksen, mikäli teofylliinin annosta ei lasketa annettaessa yhdessä tällaisten lääkkeiden kanssa (Wijnands & Vree 1988). Teofylliinin normaali annostus on 10mg/kg suun kautta kahdesti päivässä (Rozanski 2014). Sympatomimeettiset bronkodilataattorit salbutamoli ja terbutaliini aiheuttavat teofylliiniä vähemmän haittavaikutuksia sydämeen, mutta niiden haittavaikutuksiin kuuluvat hermostuneisuus, vapina, verenpaineen lasku sekä takykardia (Hawkins 2014). Glukokortikoidit vähentävät tulehdusta ja ovat siten usein tehokkaita kroonisen bronkiitin oireiden hoidossa ja saattavat hidastaa pysyvien hengitystieaurioiden etenemistä (Rozanski 2014). Glukokortikoidien huonoja puolia ovat immuunipuolustuksen heikkeneminen, lihominen, pulmonaalinen tromboembolismi, hepatomegalia sekä lihasheikkous (Hawkins 2014). Erityisesti kroonista bronkiittia sairastavalle koiralle immuunipuolustuksen heikkeneminen ja lihasheikkous ovat haitallisia, sillä potilaan heikentynyt liman erityis altistaa myös tulehduksille ja lihasheikkous saattaa vaikuttaa myös hengitystä heikentävästi. Kroonisen bronkiitin hoidossa käytetään lyhytvaikutteisia glukokortikoidivalmisteita, kuten prednisonia laskemalla sitä aloituksen jälkeen vasteen mukaan, kunnes pienin vaikuttava annos on saavutettu (Hawkins 2014). Mikäli positiivista vastetta prednisonille ei viikon sisällä ole havaittavissa, tulee lääkitys lopettaa (Rozanski 2014). Potilas, jolla glukokortikoidit ovat kontraindikoituja tai joka vaatii prednisonia suuria annoksia ylläpitoon, saattaa hyötyä paikallisesta hoidosta inhalaattorilla (Hawkins 2014). Yskänlääkkeitä tulee käyttää harkiten, sillä yskällä on tärkeä tehtävä hengitysteiden puhdistamisessa (Hawkins 2014). Koirilla, joilla yskä on jatkuvaa tai tehotonta, voidaan yskänlääkkeitä käyttää helpottamaan ahdistusta ja parantamaan hengityksen laatua (Hawkins 2014). Lääkitykset tulisi mahdollisuuksien mukaan aloittaa yksi kerrallaan lääkkeiden vaikutukset huomioon ottaen parhaimman lääkeyhdistelmän löytämiseksi (Hawkins 2014). Lääkityksiä tulee muuttaa potilaan tarpeiden mukaan ajan kuluessa, joten sairauden kontrollointi on oleellista (Hawkins 2014). Mikäli potilaan oireilu pahenee akuutisti, voidaan potilasta rauhoittaa hetkellisesti esimerkiksi asepromatsiinilla tai butorfanolilla (Sumner & Rozanski 2013).

Kroonisen bronkiitin mahdollisia komplikaatioita ovat hengitysteiden pysyvä laajeneminen eli bronkiektasia, bakteeri- ja mykoplasmainfektiot, pulmonaalinen hypertensio sekä trakeobronkomalasia eli henkitorven ja keuhkoputkien seinämän heikentyminen ja siitä johtuva

hengitysteiden kaventuminen (Rozanski 2014). Epäiltäessä infektiota tulee potilaalta ottaa henkitorven huuhtelunäyte, jonka perusteella infektio varmistetaan ja infektion aiheuttaja herkkyysmääritetään (Hawkins 2014). Infektion diagnosointi oireiden perusteella on yskivällä potilaalla epäluotettavaa ja mikrobit, jotka hengitystietulehduksia aiheuttavat, ovat usein peräisin suun ja nielun alueelta ja ovat usein gram-negatiivisia bakteereita, joiden antibioottiherkkyys on vaihtelevaa (Hawkins 2014). Antibiootti valitaan sen hengitysteiden eritteiden läpäisykyvyn sekä herkkyysmäärittelyn perusteella. Eviran mikrobilääkesuositus kehottaa käyttämään doksisykliiniä, trimetopriimi-sulfonamidia, aminopenisilliiniä, amoksisilliini-klavulaanihappoa, metronidatsolia tai fluorokinolonia riippuen oirekuvasta ja herkkyysmäärittelyn tuloksista (Evira 2016). Lisäksi komplikaatioissa käytetään usein doksisykliiniä, sillä se tehoaa hyvin *Mycoplasmoja* sekä eri *Bordetella*-kantoja vastaan (Lappin ym. 2017). Doksisykliinin kyky saavuttaa riittävä pitoisuus hengitysteissä on kyseenalainen, sillä se sitoutuu vahvasti veren proteiineihin, mutta tulehdussolujen läsnäolo saattaa lisätä sen konsentraatiota paikallisesti (Hawkins 2014). Mikäli antibioottihoito on tehokas, vaste sille nähdään yleensä noin viikon kuluessa, minkä jälkeen kuuria jatketaan vähintään viikko oireiden katoamisen jälkeen (Hawkins 2014). Antibioottihoito saattaa kestää 3–4 viikkoa tai jopa pidempään, mikäli potilaalle on kehittynyt bronkiektasia (Hawkins 2014) tai kyseessä on vakava pneumonia (Viitanen ym. 2017). Pulmonaalinen hypertensio syntyy, kun keuhkojen verisuonet supistuvat verenkierron tehostamiseksi heikentyneen verikaasujen vaihdon seurauksena (Hawkins 2014). Pulmonaalinen hypertensio on parasta hoitaa hoitamalla tehokkaasti sitä aiheuttavia sairauksia (Hawkins 2014). Lisäksi pulmonaalista hypertensiota voidaan hoitaa sildenafilillä (Bach ym. 2006). Sildenafili parantaa hypertensiota sairastavan koiran kliinistä tilaa sekä elämän laatua (Brown ym. 2010; Kellum & Stepien 2007). Jos koirilla on hypertension taustalla krooninen sydämen läppäsairaus, käytetään pimobendaania hypertension hoitoon (Atkinson ym. 2009). Keuhkosairauden aiheuttamassa hypertensiossa on kuitenkin tutkittu, että pimobendaani ja sildenafili yhdistelmähoidolla ei ole eroa pelkällä sildenafilillä hoitamiseen (Murphy ym. 2017). Pulmonaalisen hypertension hoidosta ei ole koirilla paljoa tutkimustietoa, joten haittavaikutusten minimoimiseksi, tulee potilaan oireita sekä hypertensiota seurata tarkoin (Hawkins 2014).

Kroonista bronkiittia ei voida kokonaan parantaa, mutta oireiden hallinnan ja tyydyttävän elämänlaadun ennuste on hyvä, mikäli omistajat sitoutuvat koiran hoitamiseen sekä hoidon muokkaamiseen koiran oirekuvan muutosten perusteella (Hawkins 2014; Rozanski 2014).

2.2.3. Allerginen bronkiitti

Allerginen bronkiitti on ilmateiden allergeenia tai allergeeneja vastaan kohdistama yliherkkyyssreaktio. Yleensä reaktion aiheuttavat allergeenit päätyvät ilmäteihin hengitysilman mukana, mutta myös ruoka-aineallergiat voivat olla hengitysteiden yliherkkyyssreaktion aiheuttajia (Hawkins 2014). Tutkimusta koirien allergisesta bronkiitista on tehty vähän.

Allerginen bronkiitti voi johtaa koirilla krooniseen tai akuuttiin yskään ja joskus hengenahdistukseen tai hengityksen vinkumiseen (Hawkins 2014). Yleistutkimuksessa ja röntgenkuvissa löydökset ovat samoja kuin aiemmin kroonisessa bronkiitissa kuvatut (Hawkins 2014). Henkitorven ja keuhkoputkien huuhtelunäytteissä näkyy eosinofiilinen tulehdus, jonka muut aiheuttajat eli loiset, voidaan sulkea pois ulostenäytteiden sekä tarvittaessa sydänmatotestin perusteella (Hawkins 2014). Suomessa ei esiinny sydänmatoa endeemisesti (Saari ym. 2016), joten sydänmatotesti kannattaa koiralle tehdä vain, mikäli sillä on matkailuhistoriaa sydänmadon endeemisille alueille tai kyseessä on endeemiseltä alueelta tuotu koira. Varmaan diagnoosin pääsemiseksi vaaditaan yliherkkyyssreaktiota aiheuttavien allergeenien tunnistaminen sekä oireiden loppuminen, kun allergeeneista koiran elinympäristössä on päästy eroon (Hawkins 2014).

Allergisen bronkiitin hoidossa allergeenien tunnistaminen ja niiden eliminointi koiran elinympäristöstä on tärkeää. Mahdollisten allergeenien selvittämiseksi tulee omistajalta kysellä tarkoin mahdollisista koiran elinympäristössä esiintyvistä allergeeneista kuten esimerkiksi pölystä ja homeista (Hawkins 2014). Allergeenien poistamiseksi elinympäristö tulisi huolellisesti puhdistaa huonekaluja, mattoja yms. mukaan lukien sekä huolehtia hyvästä ilmanvaihdesta elinympäristössä (Hawkins 2014). Myös kuivaruuan vaihtamista märkäruokaan, ruoka-aineiden muutosta tai eliminaatiodiettiin voidaan kokeilla mahdollisen ruoka-aineallergioiden havaitsemiseksi tai poissulkemiseksi (Hawkins 2014). Allergisen bronkiitin hoitoon voidaan käyttää glukokortikoideja sekä bronkodilataattoreita kuten on kuvattu aiemmin kroonisen bronkitiin kohdalla (Hawkins 2014). On mahdollista, että allerginen bronkiitti diagnosoidaan usein väärin, sillä yliherkkyyssreaktion aiheuttaman allergeenin löytäminen voi olla hyvin vaikeaa (Hawkins 2014).

Koirilla allerginen bronkiitti voi pitkään jatkuessaan johtaa pysyviin muutoksiin ilmäteiden rakenteissa, mikä johtaa krooniseen bronkiittiin (Hawkins 2014).

2.2.4. Henkitorven hypoplasia ja brakykefaalinen oireyhtymä

Brakykefaalinen oireyhtymä tarkoittaa useiden anatomisten poikkeavuuksien kokonaisuutta, jota tavataan usein lyhytkuonoisilla koiraroduilla sekä jossain määrin lyhytkuonoisilla kissaroduilla (Hawkins 2014). Lyhytkuonoisia koirarotuja ovat mm. englanninbulldoggi, ranskanbulldoggi, mopsi, shih tzu sekä bokseri (BVA 2018). Merkittävimmät brakykefaalisen oireyhtymän anatomiset poikkeavuudet ovat ahtaat sieraimet, pidentynyt pehmeä kitalaki sekä henkitorven hypoplasia (Meola 2013). Lisäksi pitkäaikainen ylempien hengitysteiden obstruktio ja sitä seuraava vaikeutunut hengitys saattavat johtaa kurkunpään umpipussien uloskääntymiseen ja pahimmillaan kurkunpään kollapsiin (Meola 2013). Anatomisten poikkeavuuksien vakavuus vaihtelee yksilöittäin ja kukin lyhytkuonoinen koira tai kissa saattaa kärsiä mistä tahansa yhdistelmästä yllämainittuja poikkeavuuksia (Hawkins 2014).

Brakykefaalisen oireyhtymän oireet johtuvat hengitysilman heikentyneestä kulkeutumisesta ylemmissä hengitysteissä. Oireisiin voivat kuulua mm. korostuneet hengitysäänet, vaikeutunut sisäänhengitys, syanoosi sekä tajunnan menetys (Hawkins 2014). Pahimmillaan jotkin koirat voivat saada henkeä uhkaavan ylempien hengitysteiden obstruktion, joka vaatii välitöntä hoitoa (Hawkins 2014). Rasitus, korkea ulkolämpötila sekä kiihtymys yleensä pahentavat yllämainittuja oireita. Oireyhtymään liitetty vaikeutunut sisäänhengitys saattaa aiheuttaa kurkunpään ja nielun limakalvojen tulehdusta ja turvotusta sekä aiheuttaa kurkunpään umpipussien uloskääntymistä ja kurkunpään kollapsia pahentaen oireita entisestään (Hawkins 2014).

Brakykefaalisen oireyhtymän alustava diagnoosi tehdään rodun, oireiden sekä sierainten ahtauden perusteella (Hawkins 2014). Diagnoosin varmistamiseksi tehdään potilaalle kurkunpään tähytys ja henkitorven röntgentutkimus muiden oireyhtymään kuuluvien anatomisten poikkeavuuksien tunnistamiseksi sekä niiden vakavuuden arvioimiseksi (Hawkins 2014). Tällöin saadaan samalla suljettua pois tai todettua muut ylempien hengitysteiden obstruktiota aiheuttavat sairaudet (Hawkins 2014). Henkitorven hypoplasian määrittämiseen röntgenkuvista käytetään yleisimmin kahta eri mittaustapaa. Coyne & Fingland (1992) kehittivät menetelmän, jossa lasketaan henkitorven läpimitta rintaontelon apertuuran ja

henkitorven jakautumiskohdan puolestavälistä suhteessa kolmannen kylkiluun proksimaaliseen kolmannekseen. He käyttivät menetelmänsä pohjana aiempaa menetelmää, jonka kehittivät Suter ym. (1972). Toisen henkitorven hypoplasian määrittämistavan kehitti Harvey & Fink (1982). He kehittivät menetelmän, jossa lasketaan henkitorven läpimitta rintaontelon apertuuran kohdalta suhteessa rintaontelon apertuuraan (Harvey & Fink 1982). Näiden menetelmien yksi ongelma on, että suhteille ei ole määritetty normaaliarvoja eikä *gold standardia* ja kirjallisuudessa on monia eri keskiarvoja molemmille menetelmille (Ingman ym. 2014). Toinen menetelmien ongelma on, että mittaa- jien väliset, samojen mittaa- jien eri mittauskertojen väliset sekä näiden kahden menetelmän väliset tulokset eivät korreloi kovin hyvin keskenään, toisin sanoen menetelmät ovat melko epäluotettavia (Ingman ym. 2014).

Brakykefaalisen oireyhtymän hoidon päätavoitteet ovat parantaa ilman kulkeutumista ylemmissä hengitysteissä sekä minimoida tekijöitä, jotka pahentavat oireita (Hawkins 2014). Anatomisten poikkeavuuksien ensisijainen hoito on kirurginen korjaus, joka valitaan poikkeavuuksien ja niiden vakavuuden perusteella (Trappler & Moore 2011). Toimenpiteisiin lukeutuu sierainten leventäminen, pehmeän kitalaen lyhentäminen sekä uloskääntyneiden kurkupu- ään umpipussien poisto (Trappler & Moore 2011). Henkitorven hypoplasiaa ei voida hoitaa kirurgialla (Hawkins 2014). Vaste leikkauksille on yleensä hyvä; Riecks ym. (2007) raportoivat, että 34:stä koirasta, joille tehtiin jokin yllämainituista leikkauksista, 16:lla (47,1 %) vaste oli hyvä ja 16:lla (47,1 %) vaste oli erinomainen. Ahtautuneiden sierainten leventäminen voidaan altistuneelle potilaalle tehdä turvallisesti 3–4 kuukauden iästä lähtien ja mielellään ennen oireiden ilmaantumista ja samalla voidaan arvioida pehmeän kitalaen pituutta ja poistaa ylimääräinen osuus, mikäli tarpeen (Meola 2013). Poikkeavuuksien aikainen korjaus vähentää kurkunpäähän ja nieluun sisäänhengityksessä kohdistuvaa negatiivista painetta hidastaen siten sairauden etenemistä (Meola 2013). Sairautta voidaan lääkkeellisesti hoitaa akuutissa hengenahdistustilanteessa antamalla lyhytvaikutteista glukokortikoidia, esimerkiksi prednisonia, vähentämään kurkunpään ja nielun limakalvojen turvotusta ja tulehdusta ja siten parantamaan ilman kulkua ylähengitysteissä, mutta lääkehoito ei paranna sairautta (Hawkins 2014). Oireita pahentavien tekijöiden minimointiin tähtäävä hoito koostuu liiallisen rasituksen, ylikuumenemisen ja kiihtymisen välttämisestä sekä painonhallinnasta (Hawkins 2014). Brakykefaalisen oireyhtymän vähentämisessä jalostuksella on tärkeä rooli.

Brakykefaalisen oireyhtymän ennuste riippuu poikkeavuuksien vakavuudesta sekä mahdollisuudesta korjata niitä kirurgisesti, sillä ajan kuluessa oireet pahenevat, mikäli alla olevia syitä ei korjata (Hawkins 2014). Aikaisin tehtyjen korjausleikkauksien jälkeen ennuste on hyvä useimmille potilaille (Riecks ym. 2007). Mikäli sairaus on päässyt etenemään niin pitkälle, että potilaalle on tullut kurkunpään kollapsi, on ennuste yleensä huonompi (Hawkins 2014). Potilaille, joilla on vakava kurkunpään kollapsi, voidaan harkita pysyvää trakeostomiaa, jossa henkitorveen tehdään kaulan alueelle aukko, jonka kautta potilas voi hengittää huolimatta kollapsista (Meola 2013). Coyne & Finland (1992) tekemän retrospektiivisen tutkimuksen mukaan koirat sietävät hyvin henkitorven hypoplasiaa, kun koiralla ei ole samanaikaisia hengitystie- tai sydänsairauksia.

2.2.5. Trakeobronkomalasia ja trakeakollapsi

Trakeakollapsi tarkoittaa henkitorven rustorenkaiden heikentymisestä tai liiallisesta henkitorven dorsaaliosan kalvosta seuraavaa henkitorven litistymistä (Johnson & Pollard 2010). Trakeakollapsi ei ole terminä hyvä kuvaamaan sairauden monimuotoisuutta ja ihmisillä käytetäänkin termiä trakeobronkomalasia (Hawkins 2014). Trakeobronkomalasia jaetaan primääreihin eli synnynnäisiin ja sekundäärisiin eli hankittuihin sairauksiin (Johnson & Pollard 2010). Trakeobronkomalasia voi erityisesti pienirotoisilla koirilla johtua synnynnäisestä poikkeamasta, jota samanaikainen tulehdus tai muu tekijä saattaa pahentaa (Hawkins 2014). Trakeobronkomalasia voi esiintyä kroonisen hengitystietulehduksen seurauksena roduilla, joilla trakeobronkomalasiaa ei tavallisesti esiinny (Hawkins 2014). Myös keuhkoputket voivat altistua sairaudelle joko henkitorven kanssa tai yksinään (Hawkins 2014). Yleensä trakeobronkomalasian oireet alkavat *acute on chronic*-tapahtumasta, jossa piilevä, krooninen sairaus tai alttius sairaudelle pahenee akuutin ongelman myötä aiheuttaen yskää, hengitysvaikeuksia tai hengitystietulehduksen (Hawkins 2014). Trakeobronkomalasiassa tällaisia pahentavia, akuutteja ongelmia ovat mm. ylempien hengitysteiden obstruktiot, sydämen vajaatoiminta, loistartunnat ja infektiivinen trakeobronkiitti (Hawkins 2014). Ylipaino, altistus tupakan savulle sekä huono suuhygienia saattavat myös pahentaa sairautta (Hawkins 2014). Hengitysvaikeuksien tai yskän aiheuttamat muutokset rintaontelon sisäisessä paineessa sekä hengitysteiden paineessa lisäävät henkitorven litistymistä sekä dorsaalisen kalvon venymistä entisestään pahentaen ongelmaa (Hawkins 2014). Vakavassa kollapsissa fyysinen trauma tai dorsaalikalvon lepatus henkitorven pohjaa vasten saattavat lisätä yskän ja kollapsin kierrettä (Hawkins 2014). Myös tulehdus lisää yskän ja kollapsin kierrettä, sillä

tulehdussolujen vapauttavat kollagenaasit ja proteaasit saattavat heikentää ilmäteiden rakenteita (Hawkins 2014). Mikäli yllämainitut pahentavat tekijät ovat tarpeeksi vakavia, voivat ne aiheuttaa trakeobronkomalasian myös yksinään ilman synnynnäisen altistavan tekijän vaikutusta (Hawkins 2014). Trakeobronkomalasian yleisyyttä koko koirapopulaatiossa ei tunneta (Hawkins 2014). Aiheesta tehdyt tutkimukset on tehty lähinnä lähetesairaaloissa, joten tuloksissa trakeobronkomalasiaa sairastavat koirat ovat luultavasti yliedustettuina (Hawkins 2014). Sadastaviidestätoista hengitysteiden tähytystutkimuksella tutkitusta koirasta, joille tehtiin tähytystutkimus mahdollisen hengitystiesairauden arvioimiseksi, 58:lla oli jonkinasteinen hengitystiekollapsi (Johnson & Pollard 2010). Näistä 58:sta 24:llä oli henkitorven kollapsi joko samanaikaisen keuhkoputkien kollapsin kanssa tai ilman keuhkoputkien kollapsia ja 34:llä vain keuhkoputkien kollapsi ilman samanaikaista henkitorven kollapsia (Johnson & Pollard 2010). Neljästäkymmenestä brakykefaalisten rotujen edustajista, joille tehtiin hengitysteiden tähytystutkimus, 35:llä todettiin keuhkoputkien kollapsi (De Lorenzi ym. 2009).

Tyypillinen trakeobronkomalasiaan sairastunut potilas on keski-ikäinen pieni koira, mutta sairaus voi tulla kaikenikäisille ja kokoisille koirille (Hawkins 2014). Oireet saattavat alkaa äkillisesti, mutta sitten edetä hitaasti kuukausien tai vuosien aikana (Hawkins 2014). Yleisin oire sairastuneilla koirilla on erittämätön yskä, joka kuulostaa hanhimaiselta törähdykseltä ja joka pahenee koiran kiihtyessä tai rasittuessa tai kaulapannan painaessa kaulaa (Hawkins 2014). Sairauden edettyä pitkälle kiihtyminen, rasittuminen tai ylikuumeneminen saattaa aiheuttaa hengitystien tukkeutumisen, mikä johtaa hengenahdistukseen (Hawkins 2014). Trakeobronkomalasiassa systeemiset oireet kuten laihtuminen, syömättömyys tai väsyneisyys eivät ole tyypillisiä (Hawkins 2014). Hengitysvaikeutta saattaa esiintyä sekä sisään- että ulos hengityksessä riippuen siitä, onko henkitorvi litistynyt rintaontelon kraniaalipuolella vai rintaontelon sisällä (Hawkins 2014). Mikäli kollapsi on tapahtunut rintaontelon kraniaalipuolella, on potilaan hengitysvaikeus korostuneimmillaan sisäänhengityksessä ja toisin päin (Hawkins 2014). Yleistutkimuksessa yskän voi yleensä provosoida palpoimalla henkitorvea (Hawkins 2014). Uloshengityksen lopussa voidaan auskultoimalla kuulla napsahdus seurauksena rintaontelon sisäisestä kollapsista (Hawkins 2014). Potilaat, joilla on heikentynyt rasituksen sietokyky tai hengitysvaikeuksia voidaan todeta korostunut sisäänhengitys sekä äänekkäistä ja työläitä hengitysäniä seurauksena rintaontelon ulkopuolisesta henkitorven kollapsista tai äänekäs uloshengityksen vinkuminen tai yskä

seurauksena rintaontelon sisäisestä kollapsista (Hawkins 2014). Mikäli potilaan oireilu on ajoittaista tai lievää, saattaa potilaan liikuttamisesta olla hyötyä oireiden esiin tuomiseksi tutkimustilanteessa (Hawkins 2014). Esitietoja ja yleistutkimusta tehdessä tulisi painottaa edellä mainittuja mahdollisia trakeobronkomalasiaa pahentavien sairauksien selvittämistä (Hawkins 2014).

Henkitorven kollapsi diagnosoidaan yleensä oirekuvan sekä röntgenkuvien perusteella, mutta röntgentutkimusta luotettavampi menetelmä on tähystystutkimus (Johnson & Pollard 2010). Sisäänhengityksen aikana kaulasta otetusta röntgenkuvasta voidaan nähdä rintaontelon ulkopuolisen henkitorven kaventuminen ja uloshengityksen aikana rintaontelosta otetussa röntgenkuvassa voidaan nähdä rintaontelon sisäisen henkitorven kollapsi (Hawkins 2014). Keuhkoputkien ja keuhkoparenkyymien muutosten arvioimiseksi tulee rintaontelosta ottaa kuva sisäänhengityksen aikana (Hawkins 2014). Keuhkoputkien tähystystutkimuksella saadaan röntgenkuvausta paremmin selville keuhkoputkien tilanne ja samalla voidaan ottaa mm. keuhkoputkien huuhtelunäyte mahdollisten samanaikaisten sairauksien selvittämiseksi (Hawkins 2014; Johnson & Pollard 2010). Itse trakeobronkomalasian diagnosoimisen lisäksi on tärkeää selvittää mahdolliset samanaikaiset (Hawkins 2014).

Trakeobronkomalasiassa on tärkeää pudottaa koiran painoa, vaihtaa kaulapanta valjaisiin sekä välttää koiran kiihtymistä ja rasitusta (Hawkins 2014). Mikäli on tiedossa, että koiralle stressiä aiheuttava tilanne on tulossa, voidaan koiralle ennen tilannetta antaa rauhoittavaa lääkettä kuten asepromatsiinia tai butorfanolia (Sumner & Rozanski 2013). Trakeobronkomalasian hoidossa voidaan käyttää tarvittaessa myös muita lääkkeitä, kuten yskänlääkkeitä ja glukokortikoideja, erityisesti mikäli sairauteen liittyy häiritsevä yskä tai inflammaatio (Hawkins 2014). Yskänlääkkeitä, kuten butorfanolia, hydrokodonaa tai dekstrometorfaania, käytetään pysäyttämään yskän ja kollapsin kierre annostelemalla lääkettä aluksi korkealla annoksella ja usein ja laskemalla annostusta sitten tasolle, jolla oireet pysyvät poissa (Hawkins 2014). Glukokortikoideja voidaan antaa systeemisesti potilaalle lyhytaikaisesti oireiden hillitsemiseksi pahimmassa oireilun vaiheessa esim. prednisoni 0,5-1,0mg/kg suun kautta 12 tunnin välein 3-5 päivän ajan, jonka jälkeen lääkkeen asteittainen vähentäminen parin viikon kuluessa (Hawkins 2014). Glukokortikoiden pitkäaikaista käyttöä tulisi välttää sen haittavaikutusten vuoksi, mutta potilaan oireiden tai kroonisen bronkiitin hoitoon se on joskus tarpeen (Hawkins 2014). Tällöin voidaan harkita inhaloitavan valmisteiden, kuten flutikasonin, käyttöä

systeemisten haattavaikutusten välttämiseksi (Hawkins 2014). Anabolisen steroidin stanotsololin käytöstä trakeobronkomalasian hoitoon on tehty tutkimus, jossa 14 stanotsololilla hoidetusta koirasta kahdeksan parantui ja viidellä kollapsin aste väheni (Adamama-Moraitou ym. 2011). Tutkimuksessa potilaat saivat stanotsololia annoksella 0,15mg/kg suun kautta kahdesti päivässä kahden kuukauden ajan, jonka jälkeen lääkitys laskettiin 15 päivän aikana nolnaan (Adamama-Moraitou ym. 2011). Edellä mainittua tutkimusta ei kuitenkaan ole toistettu ja vaikutusta voidaan pitää epävarmana. Antibioottien käyttö ei ole indikoitua trakeobronkomalasian hoidossa, mikäli merkkejä infektiosta ei ole (Hawkins 2014). Suurimmalle osalle potilaista konservatiivinen hoito on riittävä. White & Williams (1994) tekemässä tutkimuksessa 100 koirasta 71 %:lla oireet poistuivat vähintään vuodeksi konservatiivisella hoidolla. Tutkimuksessa kaikki potilaat saivat atropiinisulfaattia ja difenoksyyliaattia hydrokloridia sekä prednisolonia laskevalla annoksella (White & Williams 1994). Lisäksi kutakin potilasta lääkittiin muihin hengitystie-eliimiin kohdistuvien sairauksien mukaan (White & Williams 1994). Mielestäni yllämainitun lääkeyhdistelmän käyttöön tulisi kuitenkin suhtautua kriittisesti jo kyseisten lääkeaineiden haattavaikutusten vuoksi.

Mikäli konservatiivinen hoito ei kuitenkaan auta, voidaan potilaalle harkita stentin laittamista henkitorveen sen auki pitämiseksi (Hawkins 2014). Yleisimmin käytössä olevat stentit ovat valmistettu metalliseoksesta ja ne laitetaan henkitorven lumeniin (Durant ym. 2012; Sura & Krahwinkel 2008). Stentin laittaminen parantaa yleensä potilaan vointia dramaattisesti, mutta oireet, erityisesti yskä, eivät yleensä häviä täysin (Durant ym. 2012). Stentti ei myöskään paranna keuhkoputkien mahdollista sairautta tai muita samanaikaisia sairauksia ja stentti saattaa aiheuttaa komplikaatioita kuten tulehdusta ja granulaatiokudoksen muodostumista tai stentti saattaa murtua (Sura & Krahwinkel 2008). Tulokset stentin asettamisesta ovat kuitenkin lupaavia ja sitä on syytä suositella motivoituneelle omistajalle, jonka koira ei enää vastaa lääkkeelliseen hoitoon (Sura & Krahwinkel 2008).

Suurimmalla osalla koirista oireet pysyvät hallinnassa huolellisella konservatiivisella hoidolla ja ennuste on hyvä (White & Williams 1994). Kahdessa tutkimuksessa koirista joille oli laitettu stentti 75 % (Sura & Krahwinkel 2008) ja 89 % (Durant ym. 2012) oli elossa vielä vuoden kuluttua operaatiosta.

2.2.6. Henkitorven massat

Henkitorven kasvainsairaudet ovat koirilla harvinaisia ja aiheesta julkaistut tutkimukset ovat lähinnä tapauselostuksia. Eräässä tutkimuksessa raportoitiin 16 koiran henkitorven kasvainsairaus (Carlisle ym. 1991). Tutkimuksessa yleisin kasvain oli osteokondrooma, joita oli kuusi kappaletta (Carlisle ym. 1991). Seuraavaksi yleisimpiä kasvaimia olivat mastsolukasvaimet, leiomyoomat sekä kondrosarkoomat, joita kuitenkin tutkimuksessa raportoitiin kaksi kappaletta (Carlisle ym. 1991). Loput neljä Carlislen ym. 1991 tutkimuksessa raportoitua kasvainta olivat adenokarsinooma, osteosarkooma, karsinooma sekä kondrooma. Suomessa tehdyssä tapauselostuksessa raportoitiin koiralla henkitorven lumenissa lipooma (Piirainen ym. 2018). Lisäksi kirjallisuudessa koirien mahdollisiksi henkitorven kasvaimiksi mainitaan lymfooma, levyepiteelikarsinooma, histiosyyttiset sarkoomat sekä polyypit (Withrow 2012). Muita henkitorven mahdollisia massoja ovat granulomatoottiset massa, kystat sekä nodulaarinen amyloidoosi (MacPhail 2013).

Henkitorven kasvainsairauksiin sairastuvien koirien tyypillisiä oireita ovat yskä sekä rasituksensietokyvyn aleneminen (Withrow 2012). Osteokondroomaan sairastuvat koirat ovat tyypillisesti nuoria, mutta muut kasvaintyyppit esiintyvät yleensä keski-ikäisillä tai vanhoilla koirilla (MacPhail 2013). Osteokondroomat kasvavat luuston tahdissa, joten osteokondrooman oireet tulevat tyypillisesti parhaiten esille luuston kasvupyrähdysen aikana (Withrow 2012).

Potilaalla, jolla on henkitorven kasvain, voidaan röntgenkuvissa havaita henkitorven kaventuminen massan kohdalla (Withrow 2012). Tähystystutkimuksella tai tietokonetomografialla saadaan selville kasvaimen tarkempi sijainti ja koko. Diagnoosiin kasvaimen tyypistä vaaditaan kuitenkin koepala, joka voidaan ottaa tähystystutkimuksessa tai avoimessa kirurgiassa, jonka yhteydessä voidaan massa samalla poistaa (Withrow 2012).

Henkitorven kasvainsairauksia voidaan hoitaa konservatiivisesti tai kirurgisesti. Kasvainsairauksien konservatiiviseen hoitoon kuuluu kasvaimen säteilytys sekä solusalpaajahoidot, joista ensimmäinen saattaa auttaa mm. levyepiteelikarsinoomaan, mastsolukasvaimen sekä lymfoomaan ja jälkimmäinen mm. lymfoomaan, mastsolukasvaimen ja adenokarsinoomaan (MacPhail 2013). Konservatiivisen hoidon ajaksi voidaan potilaalle tehdä pysyvä trakeostomia hengitysvaikeuksien lievittämiseksi, mikäli tarpeellista (MacPhail 2013). Pysyvässä trakeostomiassa potilaan henkitorven limakalvo

kiinitetään ihoon kaulan alueella, jolloin potilas kykenee hengittämään hengitysilman kulkematta tukkiutuneen henkitorven osan kautta (MacPhail 2013). Henkitorven kasvainten kirurgisessa hoidossa henkitorven kasvaimellisen osan poisto ja jäljelle jääneiden henkitorven päiden yhdistäminen on tarpeen (MacPhail 2013). Henkitorven joustavuudesta riippuen siitä voidaan poistaa 20–50 % (MacPhail 2013).

Henkitorven hyvänlaatuisten kasvainten ennuste on onnistuneen poiston jälkeen hyvä (MacPhail 2013; Withrow 2012). Henkitorven pahanlaatuisten kasvainten ennusteesta on tehty vähän tutkimusta.

2.3. Koiran henkitorven diagnostinen kuvantaminen

Koiran henkitorven diagnostinen kuvantaminen ja mittaaminen voivat antaa diagnostista lisätietoa tilanteissa, joissa koiralla on yskä tai sen hengitysvaikeuden syyksi epäillään ylempien hengitysteiden obstruktiota (Alexander 2018). Henkitorven diagnostiseen kuvantamiseen käytetään yleensä joko röntgenkuvausta, tietokonetomografiaa tai tähystystutkimusta, mutta myös ultraäänitutkimus ja läpivalaisu ovat mahdollisia. Henkitorven läpimitta vaihtelee sisään- ja uloshengityksen välillä, mikä tulee ottaa huomioon etenkin röntgen- ja tietokonetomografiatutkimuksissa (Alexander 2018). Ihmisille tietokonetomografialla tehtyjen tutkimusten mukaan terveiden ihmisten henkitorven läpimitta voi vaihdella sisään ja uloshengityksen välillä 12–32 % (Aquino ym. 2001; Stern ym. 1993). Koirilla tehdyn tutkimuksen mukaan henkitorven poikkipinta-ala voi sisään- ja uloshengityksen välillä vaihdella jopa 24 % (Leonard ym. 2009). Myös ultraääntä on mahdollista käyttää henkitorven kraniaaliosan tutkimiseen (Eom ym. 2008; Rudolf ym. 1997).

2.3.1. Ultraääni

Ultraäänitutkimus perustuu ultraäänen heijastumiseroihin eri väliaineista. Ultraäänilaitteen anturi lähettää ja vastaanottaa ultraääntä, jonka heijastuminen riippuu pehmytkudoksen nestepitoisuudesta. Tietokone muokkaa vastaanotetusta kaiusta kuvan, joka muodostuu ruudulle reaaliaikaisesti nähtäväksi ja tulkittavaksi.

Koiran henkitorven ultraäänikuvantamisen haasteita ovat henkitorven rustorenkaiden runsaskaikuisuus, sillä se estää henkitorven sisäosien arvioinnin, sekä henkitorven sijainti, sillä

ultraäänellä henkitorvea voi kuvantaa vain lateraali ja ventraalisuunnista (Kealy ym. 2011). Ultraääntä on kuitenkin käytetty henkitorven kraniaaliosan kollapsin diagnosoimiseen arvioimalla rustorenkaiden levenemistä (Eom ym. 2008; Rudorf ym. 1997). Eom ym. (2008) mittasivat tutkimuksessaan henkitorven ensimmäisen rustorenkkaan sekä rinta-apertuuran kohdalla olevan rustorenkkaan leveydet ja vertasivat näitä toisiinsa. Terveillä koirilla leveyksien suhde vaihteli välillä 0,6–0,9 ja henkitorven kollapsia sairastavilla koirilla välillä 1,4–1,6 (Eom ym. 2008). Ultraäänitutkimus on nopea ja turvallinen tutkimusmenetelmä, mutta sen rajallisen diagnostisen merkityksen vuoksi sen käyttö henkitorven sairauksien diagnostiikassa ei ole yleistä.

2.3.2. Röntgen

Röntgensäteily on tehokkaasti ainetta läpäisevää sähkömagneettista säteilyä, jonka aallonpituus on 0,01–10 nanometriä. Röntgenkuvaus perustuu eri kudostyyppien erilaiseen kykyyn päästää läpi röntgensäteilyä. Röntgenkuvauksessa röntgensäteilyä lähetetään tutkittavan kohteen läpi ja kohteen toisella puolella oleva mittausrakenteiden muuntaa säteilyn tulkittavaan muotoon joko suoraan tai tietokonekäsittelyn kautta.

Henkitorvea kuvattaessa kohteesta otetaan vähintään kaksi kuvaa; lateraali-suunnassa sekä ventro-dorsaali-suunnassa (Kealy ym. 2011). Kaksi kuvaa takaa, ettei röntgenkuvan kaksikulotteisuuden vuoksi kuvan tulkitsijalta jää huomaamatta kuvauskohteessa rakenteita tai yksityiskohtia, jotka saattavat jäädä muiden rakenteiden taakse piiloon vain yhdestä suunnasta kuvattaessa. Potilaan asennon tulee kuvaushetkellä olla sellainen, että rintaontelo ei ole kiertynyt ja kaula on suorana (Kealy ym. 2011). Liiallinen kaulan ojennus johtaa kuitenkin henkitorven näennäiseen kapenemiseen rintaonteloapertuuran kohdalla, kun taas kaulan koukistuminen johtaa henkitorven sijainnin muutokseen rintaontelon sisällä (Alexander 2018). Varjoaineita voidaan kuvauksessa käyttää, mutta niiden käyttö on vähentynyt tähytystutkimuksen yleistyttyä (Kealy ym. 2011).

Henkitorvi on nähtävillä paremmin lateraali- kuin ventro-dorsaali-kuvissa, sillä ventro-dorsaali-kuvissa se jää rintarangan alle. Lateraali-kuvissa henkitorvi näkyy hyvin ja sen erottuvuus muusta pehmytkudoksesta on hyvä sen sisältämän ilman vuoksi. Välikarsinan kraniaaliosassa henkitorvi sijaitsee keskilinjän oikealla puolella, josta se siirtyy kaudaalisesti siirryttäessä keskemmälle, kunnes se jakaantuu keuhkoputkiksi keskilinjassa (Kealy ym. 2011).

Kyseisen jakaantumiskohta muodostaa lateraaliröntgenkuvissa sydämen päällä nähtävän muuta ympäristöä tummemman alueen, jota kutsutaan usein virheellisesti carinaksi. Carina on kuitenkin henkitorven jakautumiskohdan päällä oleva rusto, joten se sijaitsee yllämainitun varjon kohdalla lateraaliröntgenkuvissa. Lateraali-kuvissa henkitorvi muodostaa terävän kulman rintarangan kanssa (Kealy ym. 2011). Kulma on sitä pienempi mitä matalampi koiran rintaontelo on ja vastaavasti sitä suurempi mitä syvempi rintaontelo on (Kealy ym. 2011). Lateraali-kuvissa kaudaalisesti siirryttäessä henkitorvi kääntyy hieman ventraalisesti juuri ennen jakaantumistaan keuhkoputkiksi (Kealy ym. 2011).

Syitä henkitorven röntgenkuvaukseen ovat yskä, erityisesti yskä, joka saadaan aiheutettua palpoimalla potilaan kaulaa sekä hengenahdistus, jossa syyksi epäillään ylempien hengitysteiden obstruktiota (Alexander 2018). Röntgenkuvaus on kuitenkin diagnostinen vain noin 60 % potilaista, joilla on vakava henkitorven kollapsi (Harvey & Fink 1982; Nelson 2003; Nyland & Mattoon 2002)

2.3.3. Tietokonetomografia

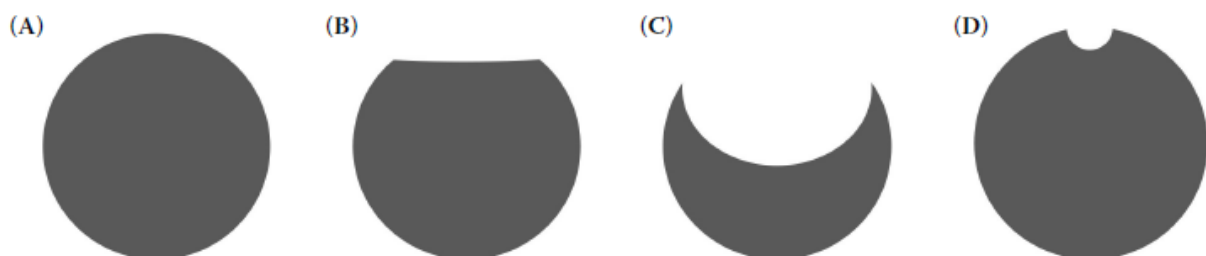
Tietokonetomografiassa tietokone yhdistää eri kuvauskulmista otetuista röntgenkuvista kolmiulotteisen kartan sen perusteella kuinka kukin kuvauskohteen piste vaimentaa röntgensäteilyä (Zanzonico 2017).

Henkitorven kuvantamisessa tulee ottaa huomioon, että intubaatioputki vaikeuttaa henkitorven arvioimista ja siksi intubaatioputki tulee poistaa ennen kuvaamista tai vaihtoehtoisesti potilaalle tulisi käyttää anestesia- tai rauhoitusprotokollia, joissa intubaatioputki ei ole välttämätön (Schwarz & Saunders 2013). Rauhoitus tai nukutus ei ole välttämätön, mikäli potilas saadaan pysymään paikoillaan (Lim ym. 2018; Stadler ym. 2011). Lim ym. 2018 tutkimuksessa potilaan asennolla ei ollut merkitystä henkitorven muotoon tai kokoon. Henkitorvea mitattaessa hengitysliike on toivottavaa ja henkitorven kollapsia arvioidessa välttämätön (Schwarz & Saunders 2013). Kuvaus aloitetaan ottamalla rauhoitetusta tai nukutetusta potilaasta helikaalinen tutkimus koko henkitorven matkalta (Schwarz & Saunders 2013). Tämän jälkeen otetaan dynaamiset tutkimukset 30 sekunnin ajan henkitorvesta kaulan alueelta, rintaontelon kohdalta sekä keuhkoputkien haarautumiskohdasta (Schwarz & Saunders 2013).

Normaalisti henkitorven poikkileikkaus on tietokonetomografiassa suurimmillaan heti kurkunpään jälkeen (Alexander 2018; Kara ym. 2004; Lim ym. 2018). Kaudaalisuuntaan mentäessä henkitorven korkeus madaltuu rintaontelon apertuuraan asti, jonka jälkeen korkeus kasvaa kunnes henkitorvi haarautuu (Dabanoglu ym. 2001; Lim ym. 2018). Henkitorven leveys taas kaventuu lähes koko matkaltaan, leventyen hieman vain juuri ennen haarautumiskohtaansa (Lim ym. 2018). Kara ym. 2004 mukaan saksanpaimenkoirilla henkitorven sisäosan pinta-ala on suurimmillaan kraniaaliosassaan ja pienenee sen jälkeen koko matkaltaan. Kyseisessä tutkimuksessa ei kuitenkaan mitattu pinta-alaa haarautumiskohtaan asti. Suurilla roduilla henkitorvi saattaa kaulan alueella leventyä kaudaalisuuntaan (Alexander 2018).

Lim ym. 2018 tutkivat 19 hereillä kuvatun terveen potilaan henkitorven poikkileikkauksen muotoa eri kohdista henkitorvea koko sen matkalta. He jakoivat henkitorven poikkileikkauksen muodon neljään eri ryhmään käyttäen hyväksi ihmispuolen ryhmittelyä (Baer ym. 1987; Griscom & Wohl 1983); pyöreä (*circular*), hevosenkenkä (*horseshoe*), kuunsirppi (*crescent*) sekä paikallisesti sisäänpainunut (*focally invaginated*) (Kuva 1.). Lim ym. 2018 tutkimista potilaista yhdelläkään ei ollut kuunsirpin muotoista henkitorvea missään viidestä tutkitusta kohdasta. Yleisin poikkileikkauksen muoto oli pyöreä, jonka muotoinen henkitorvi oli 37,5–78,9 % tutkituista kohdista (Lim ym. 2018). Pyöreää muotoa oli alle puolella tutkituista potilaista vain seitsemännen kaulanikaman kraniaalipään kohdalla (Lim ym. 2018). Seuraavaksi yleisin muoto oli hevosenkenkä, jota löytyi potilailta koko trachean matkalta ja jonka osuus tutkittujen potilaiden henkitorvista oli 21,1–43,7 % (Lim ym. 2018). Paikallista sisäänpainumista esiintyi tutkituilla potilailla vain kaulan alueella sekä rintaontelon kraniaaliosassa (Lim ym. 2018). Sen esiintyvyys näillä alueilla oli 5,3–18,8 % (Lim ym. 2018). Paikallinen sisäänpainuminen on osittainen henkitorven kollapsi, joka ei aiheuta oireita (Schwarz & Saunders 2013).

Kuva 1. Henkitorven poikkileikkauksen eri muodot: pyöreä (A), hevosenkenkä (B), kuunsirppi (C) ja paikallisesti sisäänpainunut (D). Lim ym. 2018.



Tietokonetomografiaa voidaan käyttää koirien henkitorven mittaamiseen mm. ennen kirurgiaa sen suunnittelua varten, kirurgian jälkeen potilaan kontrolloimiseksi tai henkitorven sairauksien diagnosoimiseksi (Nelson 2003). Henkitorven sairauksista tietokonetomografialla voidaan diagnosoida henkitorven hypoplasia, obstruktio sekä kollapsi yhtä tarkasti kuin vaihtoehtoisilla diagnosointimenetelmillä (Stadler ym. 2011). Tietokonetomografialla nähdään henkitorven hypoplasiassa koko matkaltaan kaventunut henkitorvi, henkitorven obstruktiossa paikallisesti kaventunut henkitorvi ja kollapsissa vakava epäsymmetrinen kaventuma (Stadler ym. 2011).

2.3.4. Tähystys

Tähystys on toimenpide, jossa ontion elimen sisälle asetetaan tähystin. Tähystimen avulla elimen sisälle johdetaan valoa, jolloin tähystimen kamera tai linssi johtaa kuvan tutkijan tulkittavaksi.

Henkitorven tähystämistä varten potilas nukutetaan. ja tähystin asetetaan henkitorven alkupäähän, josta tutkimus aloitetaan. Henkitorven tähystämiseen ollaan käytetty sekä jäykkää että taipuvaa tähystintä, mutta taipuisa tähystin on käytännöllisempi sen pituuden sekä paremman liikkuvuuden vuoksi (Levitan & Kimmel 2008). Henkitorven alku tutkitaan ennen mahdollisen intubaatioputken asettamista, sillä intubaatioputki estää henkitorven alun arvioimisen (Levitan & Kimmel 2008). Kun henkitorven alku on tutkittu, voidaan intubaatioputki asettaa potilaalle (Levitan & Kimmel 2008). Tämän jälkeen tähystintä työnnetään henkitorvessa eteenpäin arvioiden henkitorvea koko sen matkalta aina jakaantumiskohtaansa asti, jonka jälkeen voidaan edetä keuhkoputkien tutkimiseen mikäli siihen on tarvetta (Levitan & Kimmel 2008). Tehoton potilaan nukutus ja varomaton tähystimen käyttö voivat aiheuttaa vahinkoa sekä potilaalle että tähystimelle (Levitan & Kimmel 2008).

Normaali henkitorvi on tähystyksessä pyöreä ja koko matkaltaan samanlainen (Levitan & Kimmel 2008). C-kirjaimen muotoiset rustorenkaat reunustavat henkitorvea koko henkitorven matkalla ja rustorenkaiden päitä yhdistää normaalisti kireä ja tasainen dorsaalikalvo (Levitan & Kimmel 2008). Normaalisti henkitorvessa ei ole massoja tai suuria määriä eritteitä ja limakalvo on tasainen ja sen läpi voidaan nähdä pieniä verisuonia (Levitan & Kimmel 2008). Tähystin saattaa aiheuttaa vahinkoa henkitorveen, jolloin voidaan nähdä viivamainen hypereminen alue tai lievä limakalvon repeytymä (Levitan & Kimmel 2008).

Syitä henkitorven tähytukseen ovat muun muassa akuutti ja krooninen yskä, henkitorven kunnan arviointi esimerkiksi traumaa, tulehdusta tai kasvainta epäiltäessä, henkitorven kollapsin vakavuuden arvioiminen ja stentin asettaminen sekä näytteenotto (Levitan & Kimmel 2008). Ihmislääketieteessä tähytystutkimus on niin sanottu *gold standard* hengitystiekollapsien sekä trakeobronkomalasian diagnosoinnissa (Heyer ym. 2007). Koirilla *gold standardia* ei ole määritetty hengitystiekollapsien tai trakeobronkomalasian diagnosoimiseen, mutta tähytystutkimusta pidetään ensisijaisena työkaluna hengitystiekollapsien diagnosoinnissa (MacPhail 2013; Sura & Durant 2012).

2.3.5. Läpivalaisu

Läpivalaisu on kuvantamismenetelmä, jossa potilaan sisäisiä rakenteita nähdään reaaliajassa röntgensäteiden avulla. Läpivalaisun periaate on sama kuin röntgenkuvauksessa, mutta mittauslaitteen sijasta kohteen toisella puolella on fluoresoiva näyttö, jolta tutkittavaa kohdetta voidaan tarkastella. Läpivalaisun vahvuus on sen ominaisuus antaa tulkitsijalle reaaliaikaista kuvaa kohteen liikkeistä. Läpivalaisun heikkous taas on sen kuvauksen kohteelle ja tutkijalle altistama säteily määrä.

Indikaatiot henkitorven läpivalaisulle ovat samat kuin röntgenkuvaukselle, mutta lisäksi läpivalaisulla saadaan tietoa henkitorven toiminnasta hengityksen aikana, mikä on etenkin henkitorven kollapsin diagnosoinnissa merkittävä etu.

2.3.6. Kuvantamismenetelmien erot henkitorven tutkimisessa

Muihin kuvantamismenetelmiin verrattuna ultraäänitutkimuksen heikkous on, ettei sillä saa kuvannettua rintaontelon sisäistä henkitorvea (Eom ym. 2008). Ultraäänitutkimus on kuitenkin kuvantamismenetelmistä nopein suorittaa, se ei altista potilasta säteilylle ja se pystytään tekemään potilaalle joka kärsii vakavistakin hengitysvaikeuksista (Rudorf ym. 1997; Nelson 2003; Eom ym. 2008). Ultraäänitutkimuksesta saadaan myös läpivalaisun tavoin reaaliaikaista kuvaa potilaan henkitorvesta hengityksen aikana. Tutkimusta ultraäänien luotettavuudesta henkitorven mittaamisessa tai henkitorven sairauksien diagnosoimisessa muihin kuvantamismenetelmiin verrattuna on tehty vähän.

Montgomery ym. (2015) tekemän tutkimuksen mukaan koirien raadoista otetuista röntgenkuvista saadut henkitorven läpimitan mittaustulokset olivat keskimäärin 6,9 % pienemmät kuin samoista raadoista tietokonetomografialla saadut mittaustulokset. Kaye ym. (2015) taas totesivat englanninbulldoggeilla tehdyssä tutkimuksessaan, että tietokonetomografiasta tehdyt henkitorven läpimitan mittaukset olivat keskimäärin 19 % suuremmat kuin röntgenkuvista tehdyt vastaavat mittaukset. Molemmissa tutkimuksissa röntgenkuvauksella ja tietokonetomografialla saadut mittaustulokset kuitenkin korreloivat keskenään (Kaye ym. 2015; Montgomery ym. 2015). Heng ym. (2018) totesivat neljän koiran tutkimuksessaan, että henkitorven kollapsi yhdessä henkitorven pitkittäissuuntaisen kiertymisen kanssa aiheuttivat röntgenkuviin artefaktin, joka oli tulkittavissa henkitorven korkeuden kasvuna, mikä olisi voitu virheellisesti diagnosoida esimerkiksi henkitorven vierasesineeksi tai massaksi. Kyseisessä tutkimuksessa tietokonetomografialla havaittiin sekä kiertyminen että kollapsi kaikilla neljällä potilaalla (Heng ym. 2018). Henkitorven läpimitan ja henkitorven hypoplasian arvioimiseen röntgenkuvaus on tähystystutkimusta parempi menetelmä, sillä Kaye ym. (2015) mukaan tähystyksellä tehdyt arviot henkitorven hypoplasian asteesta eivät korreloineet ollenkaan röntgenkuvauksen tai tietokonetomografian kanssa. Henkitorven kollapsin diagnosoinnissa tähystystutkimus on kuitenkin tarkempi kuin röntgenkuvaus (Johnson & Pollard 2010). Johnsonin & Pollardin (2010) tutkimuksessa arvioitiin henkitorven kollapsia röntgenkuvista yhteensä 115 koiralta, joista 57:llä oli todettu tähystyksellä normaali henkitorvi ja 58:lla oli todettu henkitorven kollapsi. He arvioivat, että röntgenkuvaus on käytännöllinen henkitorven kollapsin poissulkuun, mutta yhdessä tai useammassa kohdassa henkitorvessa ja keuhkoputkissa todettiin kollapsi 25 %:lla koirista, joilla ei kollapsia ollut (Johnson & Pollard 2010). Macready ym. (2007) taas totesivat tutkimuksessaan, että röntgenkuvista voitiin todeta henkitorven kollapsi 92 %:lla koirista, joilla kollapsi oli diagnosoitu läpivalaisulla. Heidän tutkimuksessaan kuitenkin jopa 44 %:lla tutkituista potilaista kollapsi oli todettu röntgenkuvauksella olevan eri kohdassa henkitorvea kuin läpivalaisulla tutkittuna. Williams ym. 2016 mukaan röntgenillä kyettiin tunnistamaan hengitystiekollapsi oikeasta kohdasta vain 52 %:sta potilailla, joilla diagnoosi oli tehty läpivalaisulla. Macready ym. (2007) epäilivät tutkimuksessaan väärissä kohdissa todettujen kollapsien syyksi sitä, ettei terveille koirille ollut määritelty henkitorven läpimitan normaaleja muutoksia hengityksen aikana. Lisäksi Macready ym. (2007) huomasivat, että verrattuna läpivalaisuun, röntgenkuvaus aliarvioi henkitorven kollapsin astetta rintaontelon alueella. Läpivalaisun ja röntgenin mahdollisia mittauseroja ei ole tutkittu.

Koirien henkitorveen liittyviä tutkimuksia tietokonetomografian ja tähystystutkimuksen eroista ei juuri ole tehty lukuun ottamatta yllämainittua Kayen ym. (2015) tutkimusta. Ihmispuolella tehdyn tutkimuksen mukaan tähystystutkimus ja tietokonetomografia ovat yhtä hyviä mittausten tekemiseen henkitorvesta ja muista geometrisesti yksinkertaisista alueista (Calloway ym. 2013). Stentin asettamista edeltävissä mittauksissa ihmispuolella tehdyt tutkimukset puoltavat tietokonetomografian käyttöä (Righini ym. 2010). Tutkimuksessa, jossa stentin laittoa edeltävät mittaukset oli tehty tietokonetomografialla, komplikaatioprosentti oli 10,1 % (Righini ym. 2010) verrattuna tutkimuksiin, joissa mittaukset oli suoritettu tähystyksellä, joissa komplikaatioprosentit olivat 40 %, 34 % ja 19 % (Saad ym. 2003; Madden ym. 2004; Husain ym. 2007). Läpivalaisu aliarvioi röntgenkuvauksen tapaan henkitorven korkeutta ja leveyttä verrattuna tietokonetomografiaan (Williams ym. 2016). Läpivalaisussa myös esiintyi enemmän vaihteluita mittaajien sekä yhden mittaajan eri mittauskertojen välillä kuin tietokonetomografialla (Williams ym. 2016).

Vuonna 2013 tehdyssä tutkimuksessa hengitystiekollapsi tunnistettiin tähystyksellä useammin kuin läpivalaisulla (Nafe ym. 2013). Tuoreemman, vuonna 2015 julkaistun tutkimuksen mukaan, henkitorven kollapsin diagnosoinnissa ei näillä menetelmillä ollut juuri eroa, mutta läpivalaisu oli hieman herkempi tunnistamaan kollapseja osassa vasemman puoleisia keuhkolohkoja (Johnson ym. 2015). Samojen tekijöiden vanhempi tutkimus vuodelta 2010 vertaili myös lyhyesti läpivalaisua ja tähystystä hengitystiekollapsien suhteen (Johnson & Pollard 2010). Tuolloin tähystyksellä oli diagnosoitu kuusi henkitorven kollapsia ja 12 keuhkoputken kollapsia (Johnson & Pollard 2010). Läpivalaisulla tunnistettiin henkitorven kollapseista neljä ja keuhkoputkien kollapseista kahdeksan eli molemmista 66 % (Johnson & Pollard 2010). Tutkimuksia henkitorven mittauksien eroista läpivalaisun ja tähystyksen välillä ei koirille juuri ole.

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1. Aineisto

Aineisto koostui Helsingin yliopiston Yliopistollisen eläinsairaalaan potilasarkistosta löytyneistä potilaiden rintaonteloiden tietokonetomografia- sekä röntgenkuvista. Kustakin potilaasta tuli olla sekä röntgenkuvat että tietokonetomografiakuvat ja näiden kuvien tuli täyttää niiden luotettavan mittaamisen asettamat kriteerit. Kriteereitä oli kuvan hyvä laatu, henkitorven näkyminen rintaonteloapertuuran sekä carinan kohdalta ilman sen mittaushetkellä vaikuttavia fyysisiä tekijöitä kuten intubaatioputkea tai selkeitä massoja tai muita muutoksia. Tietokonetomografiassa potilaan tuli olla kuvattuna mahallaan ja nukutettuna eikä kuvissa saanut olla mittaushetkellä vaikuttavia fyysisiä tekijöitä kuten intubaatioputkea tai selkeitä massoja tai muita muutoksia.

Yhteensä tutkimukseen valikoitua 58 potilasta, joista kustakin valittiin yksi tietokonetomografiakuva rintaonteloapertuuran kohdalta ja yksi kuva carinan edestä. 58:sta potilaasta 45:stä oli röntgenkuva otettu potilaan maassa oikealla kyljellään ja 57:stä potilaan ollessa vasemmalla kyljellä.

3.2. Mittaaminen

3.2.1. Mittaukset

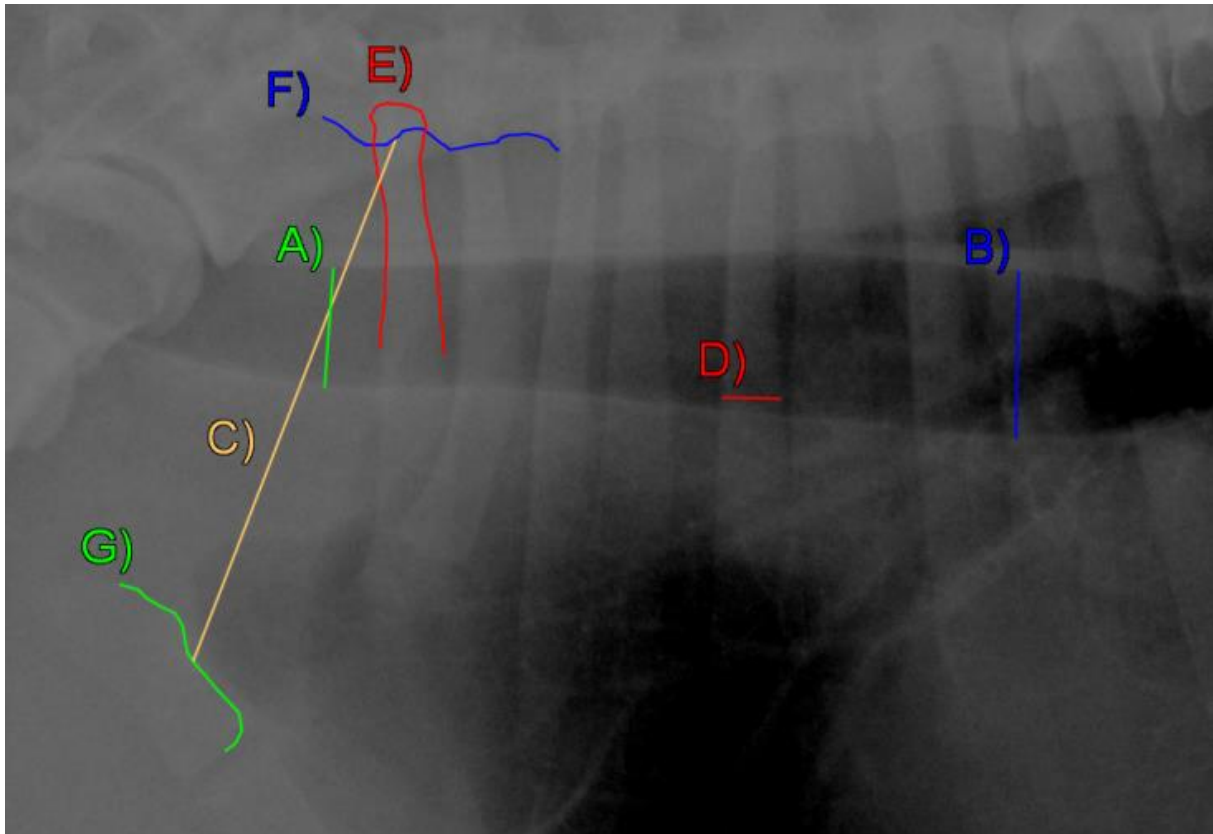
Henkitorven läpimitta mitattiin kustakin kuvasta (116 tietokonetomografiakuvaa ja 102 röntgenkuvaa) kolmesti. Kukin mittauskerta suoritettiin kahden-kolmen päivän aikana, ja kullakin mittauksella mitattiin kaikki kuvat kertaalleen. Mittaukset suoritettiin noin viiden-kuuden viikon välein. Myöhemmin kustakin röntgenkuvasta mitattiin rintaonteloapertuuran korkeus sekä kolmannen kylkiluun paksuus kertaalleen. Tällöin myös arvioitiin, oliko kuva otettu ulos- vai sisäänhengitysvaiheessa vaiko näiden väliltä. Tietokonetomografiakuvista mitattiin rintaonteloapertuuran korkeus tai kolmannen kylkiluun paksuus riippuen siitä, kummasta kohdasta kyseinen kuva oli otettu.

3.2.2. Röntgenkuvien mittaus

Jokaisesta 102:sta röntgenkuvasta mitattiin henkitorven läpimitta rintaonteloapertuuran kohdalta sekä carinan kraniaalipuolelta.

Henkitorven läpimitan mittauskohta rintaonteloapertuuran kohdalla määriteltiin vetämällä tutkimusohjelmalla (Jivex Diagnostic 5.0.1.3, VISUS Health IT GmbH) pisteestä, jossa etummaisen kylkiluun keskilinja (Kuva 2, kohta E)) ja sen kohdalla olleen selkänikaman ventraalipinta (Kuva 2, kohta F)) kohtasivat, pisteeseen, jossa oli rintalastan kahvan (*manubrium*) kapeimman kohdan dorsaalipinta (Kuva 2, kohta G)). Henkitorven läpimitta mitattiin kohdasta, jossa edellä mainittu viiva leikkasi henkitorven. Henkitorven läpimitta mitattiin kohtisuorasti henkitorven pituusakselia vastaan henkitorven dorsaalisäpinnasta ventraalisäpintaan (Kuva 2, kohta A)). Yllä mainittu viiva läpimitan mittauskohdan määrittämiseen toimi rintaonteloapertuuran korkeuden mittana (Kuva 2, kohta C)).

Henkitorven carinan kohdalla henkitorven läpimitan mittauskohdaksi määritettiin kohta carinan kraniaalipuolella, jossa se ei vielä merkittävästi laajene henkitorven jakautumisen johdosta. Henkitorven läpimitta mitattiin kyseisestä kohdasta kohtisuoraan henkitorven pituusakselia vastaan sen dorsaalisäpinnasta ventraalisäpintaan (Kuva 2, kohta B)). Kolmannen kylkiluun paksuus mitattiin sen proksimaalisen kolmanneksen lopun ja toisen kolmanneksen alun välistä (Kuva 2, kohta D)). Kolmannekset arvioitiin silmämääräisesti.



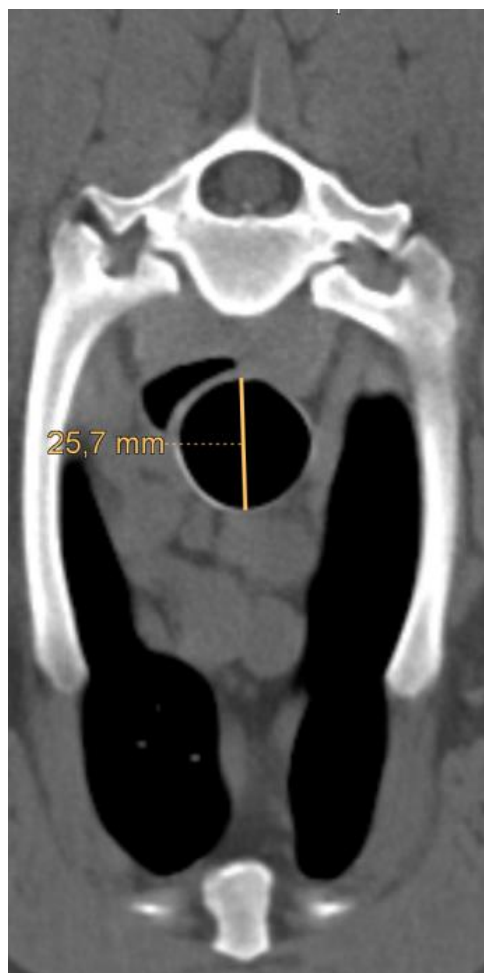
Kuva 2. Mittauskohdat röntgenkuvassa. A) henkitorven läpimitta rintaontelon apertuuran kohdalla, B) henkitorven läpimitta carinan kohdalla, C) rintaontelon apertuuran läpimitta, D) kolmannen kylkiluun läpimitta, E) ensimmäisen kylkiluun ääriviivat, F) selkänikamien ventraalipinnan linja rintaontelon apertuuran alueella, G) manubriummin dorsaalipinta.

3.2.3. Tietokonetomografian mittaus

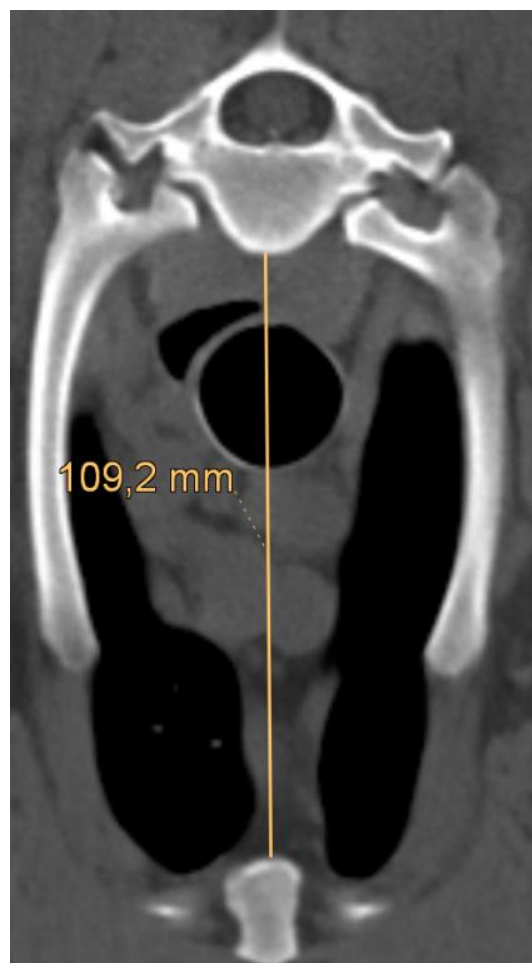
Tietokonetomografiakuvia oli 58 rintaonteloapertuuran kohdalta ja 58 sydämen carinan edestä.

Rintaonteloapertuuran kuvista mitattiin henkitorven korkeus sen dorsaalisäpinnasta ventraalisäpintaan (Kuva 3). Rintaonteloapertuuran läpimitta mitattiin samojen potilaiden samoista kuvauksista ensimmäisen rintanikaman ventraalisimmalta pinnalta manubriummin dorsaalipintaan (Kuva 4)

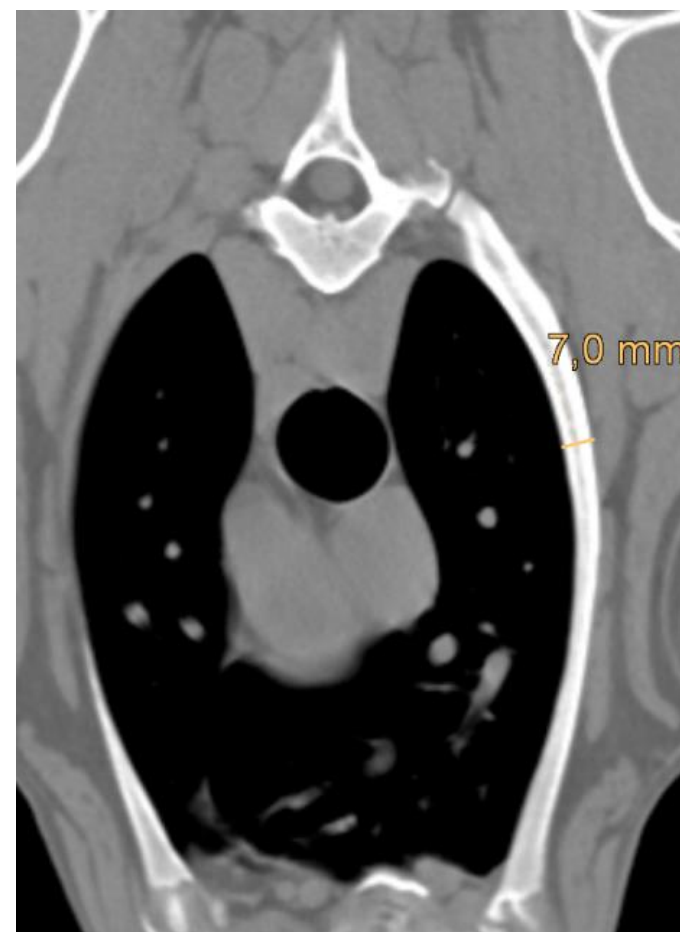
Carinan kraniaalipuolen kuvista mitattiin henkitorven mitat kuten rintaonteloapertuuran kuvista. Kolmannen kylkiluun paksuus mitattiin samojen potilaiden samoista kuvauksista asettamalla kuva kolmannen kylkiluun suuntaisesti ja mittaamalla oikean kylkiluun paksuus sen proksimaalisen kolmanneksen lopun ja toisen kolmanneksen alun väliltä (Kuva 5). Kylkiluun kolmannekset arvioitiin silmämääräisesti.



Kuva 3. Henkitorven läpimitan mittaus rintaontelon apertuuran kohdalta tietokonetomografiassa.



Kuva 4. Rintaontelon apertuuran läpimitan mittaus tietokonetomografiasta.



Kuva 5. Kolmannen kylkiluun läpimitan mittaus tietokonetomografiasta.

3.2.4. Tilastolliset menetelmät

Mittauskertojen välisen vaihtelun laskemiseen käytettiin Microsoftin Excel-ohjelmaa. Muuten tilastojen käsittelyyn käytettiin GraphPad Prism 8.0.1.- tietojenkäsittelyohjelmaa. Samalla ohjelmalla tehtiin myös työssä esiteltyt kuvaajat.

Mittauskerroista laskettiin keskiarvot kunkin mittausmenetelmän kahdelle eri mittauskohdalle. Näitä keskiarvoja käytettiin tilastojen käsittelyyn pois lukien mittauskertojen keskinäisiä yhteneväisyyksien vertailussa.

Tilastojen parametrisuuden ja non-parametrisuuden määrittämiseen käytettiin Shapiro-Wilk normaalisuustestiä. Toisistaan riippuvien otosten välisen tilastollisen merkitsevyyden selvittämiseen käytettiin tilastojen parametrisuudesta tai non-parametrisuudesta riippuen joko riippuvien otosten t-testiä tai Wilcoxonin testiä. Toisistaan riippumattomien otosten tilastollisen merkitsevyyden selvittämiseen puolestaan käytettiin joko riippumattomien otosten t-testiä tai Mann-Whitney testiä. Korrelaatioiden laskemiseen käytettiin tilastojen parametrisuudesta tai non-parametrisuudesta riippuen joko Pearson testiä tai Spearman testiä. Eri mittauskertojen välistä vaihtelua selvitettiin laskemalla *coefficient of variation* (CV) ja vaihtelun tilastollisen merkitsevyyden selvittämiseen käytettiin tilastojen parametrisuudesta tai non-parametrisuudesta riippuen joko toistomittausten varianssianalyysiä tai Friedmanin testiä.

4 TULOKSET

4.1. Mittauskohdan ja -menetelmän vertailu

Henkitorven läpimittojen mittaustulokset eri menetelmillä ja eri kohdista on esitetty Taulukossa 1.

Henkitorven läpimittaa rintaontelon apertuurassa verrattiin läpimittaan carinassa vasemmalla kyljellä otetuissa kuvissa. Sama vertailu toistettiin oikealla kyljellä otetuista röntgenkuvissa sekä tietokonetomografiassa. Kaikissa kolmessa vertailussa henkitorvi oli carinan kohdalla suurempi tilastollisesti merkittävästi kuin rintaontelon apertuuran kohdalta mitattuna (kaikissa $p < 0,0001$).

Henkitorven läpimittaa tietokonetomografiassa rintaontelon apertuuran kohdalla verrattiin vastaavaan läpimittaan oikealla ja vasemmalla kyljellä otetuissa röntgenkuvissa. Sama vertailu toistettiin carinan kohdalla. Rintaontelon apertuuran kohdalla henkitorven läpimitalla ei ollut tilastollisesti merkittävää eroa tietokonetomografiassa verrattuna läpimittaan vasemmalla ja oikealla kyljellä otetuissa röntgenkuvissa ($p = 0,16$ ja $p = 0,41$). Carinan kohdalla henkitorven läpimitta tietokonetomografiassa puolestaan oli tilastollisesti merkitsevästi alhaisempi kuin läpimitta vasemmalla ja oikealla kyljellä otetuissa röntgenkuvissa (molemmissa $p < 0,0001$).

Taulukko 1. Henkitorven läpimitta mitattuna rintaontelon apertuuran ja carinan kohdalta röntgenkuvista sekä tietokonetomografiasta. SD = keskihajonta, Min = pienin arvo, Max = suurin arvo, 25 %; 75 % = ala- ja yläkvartiilit.

			Keskiarvo (mm)	SD (mm)	Mediaani (mm)	Min (mm)	Max (mm)	25 %; 75 % (mm)
Röntgen	Vasen kylki	Apertuura n = 57	14,15	5,48	14,20	3,63	30,60	9,63; 17,63
		Carina n = 57	16,54	5,42	15,50	6,90	36,07	12,70; 20,53
	Oikea kylki	Apertura n = 45	13,48	5,78	13,37	3,90	33,47	9,60; 17,03
		Carina n = 45	16,56	5,34	15,00	6,30	31,17	13,18; 21,75
Tietokonetomografia		Apertuura n = 58	13,65	4,86	12,93	3,60	27,63	9,93; 16,11
		Carina n = 58	14,54	4,74	14,42	7,00	28,30	11,26; 16,95

Taulukko 2. Taulukko 3 Rintaontelon apertuuran ja kolmannen kylkiluun läpimitat eri menetelmillä mitattuina. SD = keskihajonta, Min = pienin arvo, Max = suurin arvo, 25 %; 75 % = ala- ja yläkvartiilit.

			Keskiarvo (mm)	SD (mm)	Mediaani (mm)	Min (mm)	Max (mm)	25 %; 75 % (mm)
Rintaontelon apertuuran läpimitta	Röntgen	Vasen kylki n = 57	71,61	22,10	68,80	29,20	129,9	53,50; 82,10
		Oikea kylki n = 45	71,05	18,30	69,90	48,90	127,8	54,90; 82,70
	Tietokonetomografia n = 58		61,65	18,11	58,70	26,60	106,0	48,50; 74,13
Kolmannen kylkiluun läpimitta	Röntgen	Vasen kylki n = 57	7,62	3,22	7,20	2,70	16,30	4,90; 10,00
		Oikea kylki n = 45	7,41	2,73	7,40	3,60	13,90	4,95; 8,95
	Tietokonetomografia n = 58		5,46	1,85	5,150	2,20	11,50	4,20; 6,40

Eri menetelmillä saadut rintaontelon apertuuran sekä kolmannen kylkiluun läpimittojen mittaustulokset on esitetty Taulukossa 2.

Rintaontelon apertuuran ja kolmannen kylkiluun läpimittoja tietokonetomografiassa verrattiin vastaaviin läpimittoihin vasemmalla ja oikealla kyljellä otetuissa röntgenkuville. Rintaontelon apertuuran läpimitta tietokonetomografiassa oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi kuin apertuuran läpimitta vasemmalla ja oikealla kyljellä otetuissa röntgenkuville. (molemmissa $p < 0,0001$). Rintaontelon apertuuran läpimitta oli keskimäärin 15,7 % suurempi röntgenkuville kuin tietokonetomografiassa. Myös kolmannen kylkiluun läpimitta oli tietokonetomografiassa tilastollisesti merkittävästi pienempi kuin vasemmalla ja oikealla otetuissa röntgenkuville (molemmissa $p < 0,0001$). Kolmannen kylkiluun läpimitta oli keskimäärin 37,5 % suurempi röntgenkuville kuin tietokonetomografiassa.

Henkitorven läpimitta rintaontelon apertuuran kohdalla suhteessa rintaontelon apertuuraan (TD/TI, *Thoracic Diameter, Thoracic Inlet*) ja henkitorven läpimitta carinan kohdalla suhteessa kolmannen kylkiluun läpimittaan (TT/3R, *Thoracic Trachea, 3rd Rib*) on esitetty Taulukossa 3.

Taulukko 3. Henkitorven läpimitta rintaontelon apertuuran kohdalta suhteessa rintaontelon apertuuran läpimittaan (TD/TI) ja henkitorven läpimitta carinan kohdalta suhteessa kolmannen kylkiluun läpimittaan (TT/3R). SD = keskihajonta, Min = pienin arvo, Max = suurin arvo, 25 %; 75 % = ala- ja yläkvartiilit.

			Keskiarvo	SD	Mediaani	Min	Max	25 %; 75 %
TD/TI	Röntgen	Vasen kylki n = 57	0,20	0,06	0,20	0,07	0,34	0,17; 0,23
		Oikea kylki n = 45	0,19	0,05	0,19	0,07	0,35	0,15; 0,22
	Tietokone-tomografia n = 58		0,22	0,04	0,22	0,07	0,37	0,20; 0,24
TT/3R	Röntgen	Vasen kylki n = 57	2,34	0,63	2,16	1,29	4,15	1,84; 2,70
		Oikea kylki n = 45	2,34	0,58	2,31	1,05	3,90	1,91; 2,79
	Tietokone-tomografia n = 58		2,73	0,60	2,70	1,49	4,83	2,30; 3,03

TD/TI ja TT/3R olivat molemmat tilastollisesti merkittävästi suuremmat tietokonetomografiasta laskettuna kuin vasemmalla ja oikealla kyljellä otetuista röntgenkuvista laskettuina (kaikissa $p < 0,0001$). TD/TI oli tietokonetomografiasta laskettuna keskimäärin 15,8 % suurempi kuin röntgenkuvista laskettuna. TT/3R taas oli tietokonetomografiasta laskettuna keskimäärin 16,9 % suurempi kuin röntgenkuvista laskettuna.

4.2. Painon, rodun, iän ja sukupuolen vertailu

Tutkittujen potilaiden painon keskiarvo oli 20,21 kg, keskihajonta 15,65 kg, mediaani 15,10 kg, ala- ja yläkvartiilien väli 8,68-25,98 kg ja minimi- ja maksimipainot 2,70 kg ja 67,40 kg. Painon korrelaatio henkitorven läpimittaan eri kohdissa ja eri kuvausmenetelmissä on esitetty Taulukossa 4.

Taulukko 4. Painon korrelaatio henkitorven läpimitaan eri kohdista ja eri menetelmillä mitattuna.

			Painon korrelaatio	Tilastollisesti merkittävä
Apertuura	Röntgen	Vasen kylki	$r = 0,77$	$p < 0,0001$
		Oikea kylki	$r = 0,77$	$p < 0,0001$
	Tietokonetomografia		$r = 0,82$	$p < 0,0001$
Carina	Röntgen	Vasen kylki	$r = 0,83$	$p < 0,0001$
		Oikea kylki	$r = 0,76$	$p < 0,0001$
	Tietokonetomografia		$r = 0,84$	$p < 0,0001$

Valkoisten länsiylämaanterrierien ja muiden rotujen henkitorven läpimitta eri kohdissa ja eri kuvausmenetelmissä on esitetty Taulukossa 5. Taulukossa 6 on esitetty tutkimuksen valkoisten länsiylämaanterrierien ja muiden rotujen edustajien iät ja painot.

Taulukko 5. Henkitorven läpimitat valkoisilla länsiylämaanterriereillä ja muilla roduilla eri kohdista ja eri menetelmillä mitattuina. SD = keskihajonta, Min = pienin arvo, Max = suurin arvo, 25 %; 75 % = ala- ja yläkvartiilit, VLYT = Valkoinen länsiylämaanterrieri.

				Keskiarvo (mm)	SD (mm)	Mediaani (mm)	Min (mm)	Max (mm)	25 %; 75 % (mm)
Apertuura	Röntgen	Vasen kylki	VLYT n = 12	8,90	4,02	8,38	3,63	17,33	5,75; 11,72
			Muut rodut n = 45	15,55	4,96	15,93	7,23	30,60	11,28; 18,63
		Oikea kylki	VLYT n = 12	8,27	4,08	6,87	3,90	18,13	5,38; 10,73
			Muut rodut n = 33	15,38	5,13	15,57	6,60	33,47	11,63; 17,55
	Tietokonetomografia		VLYT n = 12	10,30	0,69	10,13	9,47	11,57	9,78; 10,88
			Muut rodut n = 46	14,52	5,11	14,40	3,60	27,63	11,54; 16,64
Carina	Röntgen	Vasen kylki	VLYT n = 12	12,55	2,31	13,37	7,87	15,27	11,89; 13,80
			Muut rodut n = 45	17,60	5,52	17,17	6,90	36,07	13,25; 22,22
		Oikea kylki	VLYT n = 12	12,15	2,54	12,80	6,30	15,20	10,44; 14,05
			Muut rodut n = 33	18,16	5,20	16,93	7,67	31,17	14,08; 22,28
	Tietokonetomografia		VLYT n = 12	10,80	1,279	11,10	9,10	12,70	9,37; 12,03
			Muut rodut n = 46	15,51	4,83	15,05	7,00	28,30	12,06; 17,18

Taulukko 6. Valkoisten länsiylämaanterrierin ja muiden rotujen painot ja iät. SD = keskihajonta, Min = pienin arvo, Max = suurin arvo, 25 %; 75 % = ala- ja yläkvartiilit, VLYT = Valkoinen länsiylämaanterrieri

		Keskiarvo	SD	Mediaani	Min	Max	25 %; 75 %
Paino (kg)	VLYT n = 12	9,71	1,53	10,00	7,60	12,50	8,40; 10,65
	Muut rodut n = 46	22,96	16,50	19,15	2,70	67,40	11,58; 29,75
Ikä (vuosia)	VLYT n = 12	8,72	3,18	8,99	2,37	14,50	7,01; 10,57
	Muut rodut n = 46	5,92	3,77	6,21	0,44	13,87	1,94; 8,98

Valkoisten länsiylämaanterrierien henkitorven läpimitta oli tilastollisesti merkittävästi pienempi kaikissa kuvausmenetelmissä ja molemmissa kohdissa. Vertailun p-arvo oli apertuuran kohdalla vasemmalla ja oikealla kyljellä otetuissa röntgenkuvissa <0,0001 ja tietokonetomografiassa samassa kohdassa 0,0007. Carinan kohdalla vertailun p-arvo oli vasemmalla kyljellä otetuissa röntgenkuvissa 0,0013, oikealla kyljellä otetuissa röntgenkuvissa 0,0004 ja tietokonetomografiassa 0,0002. Valkoisten länsiylämaanterrierin henkitorven läpimitta oli mittauskohdasta ja -menetelmästä riippuen keskimäärin noin 50-75 % muiden rotujen edustajien henkitorven läpimitasta.

Valkoisten länsiylämaanterrierin ja muiden rotujen painot ja iät erosivat tilastollisesti merkittävästi toisistaan ($p = 0,0009$ ja $p = 0,0132$).

Tutkittujen koirien iän keskiarvo oli 6,50 vuotta, keskihajonta 3,83 vuotta, mediaani 7,18 vuotta, ala- ja yläkvartiilien väli 2,90-9,42 vuotta ja minimi- ja maksimi- iät 0,44 vuotta ja 14,50 vuotta. Koirien iän korrelaatio henkitorven läpimittaan eri kohdissa ja eri kuvausmenetelmissä on esitetty Taulukossa 7.

Taulukko 7. Iän korrelaatio henkitorven läpimitaan eri kohdista ja eri kuvausmenetelmillä mitattuna. Tilastollisesti merkittävät erot $p < 0,05$.

			Iän korrelaatio	Tilastollisesti merkittävä
Apertuura	Röntgen	Vasen kylki	$r = -0,37$	$p = 0,0050$
		Oikea kylki	$r = -0,34$	$p = 0,0218$
	Tietokonetomografia		$r = -0,44$	$p = 0,0005$
Carina	Röntgen	Vasen kylki	$r = -0,21$	$p = 0,1259$
		Oikea kylki	$r = -0,29$	$p = 0,0545$
	Tietokonetomografia		$r = -0,36$	$p = 0,0056$

Taulukossa 8 on esitetty urosten ja naaraiden henkitorvien läpimitat rintaontelon apertuuran ja carinan kohdalta mitattuna eri menetelmillä.

Taulukko 8. Urosten ja naaraiden henkitorven läpimitta rintaontelon apertuuran ja carinan kohdalta eri menetelmillä mitattuna. SD = keskihajonta, Min = pienin arvo, Max = suurin arvo, 25 %; 75 % = ala- ja yläkvartiilien väli

				Keskiarvo (mm)	SD (mm)	Mediaa ni (mm)	Min (mm)	Max (mm)	25 %; 75 % (mm)
Apertuura	Röntgen	Vasen kylki	Naaraat n = 35	13,52	5,10	13,93	3,63	25,00	8,80; 17,37
			Urokset n = 22	15,15	6,02	15,23	6,60	30,60	10,61; 19,21
		Oikea kylki	Naaraat n = 28	13,03	6,12	13,38	3,90	33,47	8,14; 16,83
			Urokset n = 17	14,23	5,27	13,37	5,93	24,00	10,60; 19,72
	Tietokonetomografia		Naaraat n = 36	13,32	4,61	12,73	5,17	27,63	9,81; 16,04
			Urokset n = 22	14,19	5,32	13,08	3,60	26,17	10,63; 16,64
Carina	Röntgen	Vasen kylki	Naaraat n = 35	15,62	4,85	15,50	6,90	24,77	12,40; 18,30
			Urokset n = 22	18,00	6,04	16,08	11,70	36,07	13,53; 22,21
		Oikea kylki	Naaraat n = 28	16,39	5,77	14,93	6,30	31,17	11,98; 21,73
			Urokset n = 17	16,83	4,68	15,00	9,57	27,70	13,68; 21,75
	Tietokonetomografia		Naaraat n = 36	13,95	4,61	14,13	7,37	28,30	10,37; 16,72
			Urokset n = 22	15,51	4,90	14,65	7,00	26,17	12,09; 18,01

Taulukko 9. Henkitorven läpimitta sisään- ja uloshengitysvaiheissa röntgenkuvista rintaontelon apertuuran ja carinan kohdalta mitattuna. SD = keskihajonta, Min = pienin arvo, Max = suurin arvo, 25 %; 75 % = ala- ja yläkvartiilit, SHV = sisäänhengitysvaihe, UHV = uloshengitysvaihe.

		Keskiarvo (mm)	SD (mm)	Mediaani (mm)	Min (mm)	Max (mm)	25 %; 75 % (mm)
Apertuura	SHV n = 40	17,88	5,07	17,27	6,60	33,47	15,52; 20,21
	UHV n = 21	9,11	3,98	8,10	3,63	18,13	6,03; 11,05
Carina	SHV n = 40	20,03	5,62	21,60	7,67	36,07	16,03; 23,18
	UHV n = 21	12,32	2,37	12,60	6,90	15,80	11,42; 13,72

Eri sukupuolten välillä henkitorven läpimitassa ei havaittu tilastollisesti merkittäviä eroja millään menetelmällä kahdessa eri mittauskohdassa. Rintaontelon apertuuran kohdalla henkitorven läpimittojen vertailun p-arvot olivat vasemmalla kyljellä otetuissa röntgenkuvissa 0,28, oikealla kyljellä otetuissa röntgenkuvissa 0,50 ja tietokonetomografiassa 0,52. Vastaavasti carinan kohdalla läpimittojen vertailujen p-arvot olivat samassa järjestyksessä 0,24, 0,79 ja 0,17.

4.3. Hengitysvaiheiden vertailu

Henkitorven läpimitat sisään- ja uloshengitysvaiheissa otetuissa röntgenkuvissa on esitetty Taulukossa 9.

Henkitorven läpimitta oli tilastollisesti merkittävästi suurempi sisäänhengitysvaiheessa otetuissa röntgenkuvissa kuin uloshengitysvaiheessa otetuissa röntgenkuvissa rintaontelon apertuuran ja carinan kohdalla (molemmissa $p < 0,0001$).

4.4. Mittauskertojen vertailu

Henkitorven läpimitta eri mittauskohdissa, mittausmenetelmissä ja mittauskerroilla on esitetty Taulukossa 10.

Taulukko 10. Henkitorven läpimitat eri mittauskohdista, mittausmenetelmillä ja mittauskerroilla. SD = keskihajonta, Min = pienin arvo, Max = suurin arvo, 25 %; 75 % = ala- ja yläkvartiilit, MK = mittauskerta.

				Keskiarvo (mm)	SD (mm)	Mediaani (mm)	Min (mm)	Max (mm)	25 %; 75 % (mm)
Apertuura	Röntgen	Vasen kylki n = 57	MK #1	14,13	5,55	14,60	3,80	30,80	9,50; 17,80
			MK #2	14,21	5,53	14,10	3,60	30,80	9,80; 17,70
			MK #3	14,10	5,40	14,00	3,40	30,20	10,30; 17,75
		Oikea kylki n = 45	MK#1	13,44	5,75	13,30	4,10	33,50	9,55; 17,00
			MK#2	13,53	5,86	13,50	3,90	33,50	9,70; 17,35
			MK#3	13,48	5,78	13,20	3,70	33,40	9,65; 17,15
	Tietokonetomografia n = 58	MK#1	13,73	4,85	12,80	3,80	27,80	10,13; 16,43	
		MK #2	13,78	4,94	12,85	3,60	28,20	10,08; 16,33	
		MK #3	13,44	4,82	12,90	3,40	26,90	9,85; 16,00	
Carina	Röntgen	Vasen kylki n = 57	MK #1	16,43	5,51	14,90	6,50	36,30	13,05; 21,05
			MK #2	16,59	5,51	15,60	6,80	36,30	12,85; 20,85
			MK #3	16,61	5,34	15,30	7,40	35,60	12,70; 21,05
		Oikea kylki n = 45	MK #1	16,55	5,56	14,30	5,90	31,50	13,15; 22,10
			MK #2	16,53	5,30	15,20	6,40	31,60	13,05; 21,45
			MK #3	16,57	5,23	15,20	6,60	30,40	13,10; 21,40
	Tietokonetomografia n = 58	MK #1	14,70	4,76	14,55	7,10	27,90	11,30; 17,10	
		MK #2	14,62	4,77	14,30	7,10	28,60	11,43; 16,88	
		MK #3	14,30	4,73	14,15	6,60	28,40	11,10; 17,00	

Mittauskertojen välisen vaihtelun *coefficient of variation* (CV) oli apertuuran kohdalla vasemmalla kyljellä otetuista röntgenkuvista laskettuna 2,47 %, oikealla kyljellä otetuista röntgenkuvista laskettuna 3,37 % ja tietokonetomografiasta laskettuna 2,29 %. Carinan kohdalta laskettuna vastaavat CV:t olivat samassa järjestyksessä 4,01 %, 3,53 % ja 2,68 %.

Eri mittauskerroilla henkitorven läpimitassa ei ollut tilastollisesti merkittävää eroa rintaontelon apertuuran ja carinan kohdalla vasemmalla ja oikealla kyljellä otetuissa röntgenkuville. Eri mittauskertojen vertailun p-arvo vasemmalla kyljellä otetuissa röntgenkuville oli rintaontelon apertuuran kohdalta laskettuna 0,44 ja carinan kohdalta laskettuna 0,07. Oikealla kyljellä otetuista röntgenkuvista laskettuna vastaavat p-arvot olivat 0,73 ja 0,60. Tietokonetomografiassa eri mittauskertojen erot olivat tilastollisesti merkittävät molemmista

kohdista laskettuna. Mittauskertojen välisen vertailun p-arvo oli molemmista kohdista laskettuna $< 0,0001$. Tuloksien tarkempi tarkastelu paljastaa, että kolmas mittauskerta erosi tilastollisesti merkittävästi sekä ensimmäisestä että toisesta mittauskerrasta molemmista mittauskohdista laskettuna (kaikissa $p < 0,0001$). Ensimmäisen ja toisen mittauskerran välillä taas ei ollut tilastollisesti merkittäviä eroja kummastakaan mittauskohdasta laskettuna. Ensimmäisen ja toisen mittauskerran vertailun p-arvo oli rintaontelon apertuuran kohdalta laskettuna 0,26 ja carinan kohdalta laskettuna 0,32.

5 POHDINTA

5.1. Mittauskohdan vaikutus henkitorven läpimittaan

Henkitorven läpimittaa verrattiin rintaontelon apertuuran ja carinan välillä. Vertailuja tehtiin yhteensä kolme: kaksi röntgenkuvista (oikealla ja vasemmalla kyljellä otetut) ja yksi tietokonetomografiasta. Kaikissa kolmessa vertailussa henkitorven läpimitta oli carinan kohdalla tilastollisesti merkittävästi suurempi kuin rintaontelon apertuuran kohdalla. Myös aiemmin aiheesta tehdyt tutkimukset ovat päätyneet pääosin samaan tulokseen. Lim ym. (2018) havaitsivat melko pienillä koirilla (2-10 kg) tekemässään tutkimuksessa, että henkitorven läpimitta oli pienimmillään rintaontelon apertuuran kohdalla ja suurentui rintaontelon apertuuran jälkeen kaudaalisesti siirryttäessä. Myös Kaye ym. (2015) englanninbulldoggeilla ja Dabanoğlu ym. (2001) sekarotuisten koirien raadoilla (painon keskiarvo noin 16 kg) tekemissään tutkimuksissa päätyivät samaan lopputulokseen. Kara ym. (2004) päätyivät kuitenkin eri lopputulemaan omassa saksanpaimenkoirilla (painon keskiarvo 29,40 kg) tekemässään tutkimuksessa. Heidän tutkimuksessaan henkitorven läpimitta jatkoi rintaontelon apertuuran jälkeenkin kaventumistaan.

Dabanoğlu ym. (2001) selittivät henkitorven läpimitan pienemistä rintaontelon apertuuran kohdalla. Heidän mukaansa henkitorven rustorenkaat ovat kapeimmillaan ja ohuimmillaan rintaontelon apertuurassa, sillä henkitorven suunta muuttuu siinä hieman, koska rintaontelon apertuura on verrattain pieni ja luun ympäröimä. Tämä selittää hyvin henkitorven kapenemisen rintaontelon apertuurassa tässä tutkielmassa sekä Lim ym. (2018), Kaye ym. (2015) ja Dabanoğlu ym. (2001) tutkimuksissa, joissa oli lisäksi tutkittu henkitorven läpimittaa myös kaulan alueella, jossa se oli kaikissa tutkimuksissa suurimmillaan.

5.2. Kuvausmenetelmän vaikutus mittaukseen

Henkitorven läpimittaa vertailtiin eri kuvausmenetelmien välillä. Henkitorven läpimittaa tietokonetomografiassa sekä rintaontelon apertuuran, että carinan kohdalla verrattiin henkitorven läpimittaan vasemmalla ja oikealla kyljellä otetuissa röntgenkuvissa. Apertuuran kohdalla vertailuissa ei ollut tilastollisesti merkittävää ero. Carinan kohdalla henkitorven läpimitta puolestaan oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi tietokonetomografiassa kuin röntgenkuvissa. Röntgenkuvissa henkitorven läpimitta carinan kohdalla oli noin 12 % suurempi kuin tietokonetomografiassa. Aiemmat aiheesta tehdyt tutkimukset ovat päätyneet eri

tulokseen. Kaye ym. (2015) tekemän tutkimuksen mukaan tietokonetomografiassa henkitorven läpimitta oli keskimäärin 19 % suurempi kuin röntgenkuvissa. Montgomery ym. (2015) tekivät vastaavan tutkimuksen koirien raadoilla ja päätyivät samansuuntaiseen tulokseen; heidän tutkimuksensa mukaan henkitorven läpimitta oli tietokonetomografiassa 6,9 % suurempi kuin lateraali- röntgenkuvissa. Mahdollisia tämän ja kahden muun tutkimuksen eroja selittäviä tekijöitä on kaksi: potilaiden ilmatiepaine sekä tajunnan taso. Molemmissa yllä mainituissa tutkimuksissa koirat olivat sekä tietokonetomografiatutkimuksessa, että röntgenkuvauksessa intuboituina ja kuvausten aikainen ilmatiepaine pidettiin 20 cm H₂O:ssa. Lisäksi Kaye ym. (2015) tutkimuksessa koirat olivat nukutettuina ja Montgomery ym. (2015) tutkimuksessa kuolleita. Tämän tutkimuksen koirat olivat tietokonetomografiatutkimuksessa pääosin nukutettuina ja intuboituina. Tämän tutkimuksen röntgenkuvat sen sijaan olivat pääosin peräisin potilaista, joista suurin osa oli kuvattu joko hereillä tai rauhoitettuina ja vapaasti hengittävinä. Lim ym. (2018) arvioivat, että yleisanestesia ja positiivisen paineen ventilaation käyttö vaikuttavat henkitorven muotoon aiheuttaen henkitorven katon paikallista sisään painumista, mikä pienentää henkitorven läpimittaa etenkin uloshengitysvaiheen aikana. Eläimen hengittäessä spontaanisti, sen keuhkoja ympäröivään tilaan syntyy sisäänhengitysvaiheen aikana negatiivinen paine, joka laajentaa myös henkitorvea erityisesti rintaontelon sisällä. Nämä tekijät saattavat osaltaan selittää eroa näiden tutkimuksen välillä. Myös Leonard ym. (2009) sanoivat tutkimuksensa *Discussion*-osuudessa, että henkitorven läpimitan mittaustulokset, jotka saadaan, kun koiran hengitykseen vaikutetaan mekaanisesti, eivät välttämättä ole yhteneviä vapaasti hengittävistä koirista saatavien mittaustulosten kanssa. Lienee myös mahdollista, että tässä tutkimuksessa mittaajan kokemattomuus vaikutti osaltaan mittaustuloksiin.

Rintaontelon apertuuran läpimittaa ja kolmannen kylkiluun paksuutta tietokonetomografiassa verrattiin vastaaviin mittoihin eri kyljillä otetuissa röntgenkuvissa. Sekä apertuuran läpimitta, että kolmannen kylkiluun paksuus olivat tilastollisesti merkittävästi pienemmät tietokonetomografiassa kuin röntgenkuvissa. Muut tutkimukset ovat tulleet apertuuran läpimitan osalta samaan tulokseen. Kaye ym. (2015) eivät tutkimuksessaan suoraan raportoineet rintaontelon apertuuran läpimittaa, mutta heidän selvittämästään henkitorven läpimitasta ja TD/TI-suhteesta voidaan laskea, että rintaontelon apertuuran läpimitta oli röntgenkuvissa keskimäärin 72,35 mm ja tietokonetomografiassa keskimäärin 55,38 mm. Apertuuran läpimitan vaihtelu eri kuvantamismenetelmissä voitaneen selittää erilaisilla

mittauslinjoilla. Rintaontelon apertuuran läpimittaa röntgenkuvasta mitattaessa linja ei kulje täysin kohtisuorassa poikkileikkauslinjaan (Kuva 2, kohta C)), kun taas tietokonetomografiassa apertuuran läpimitta on kuvan luonteesta johtuen täysin poikkileikkauspinnan suuntainen (Kuva 4). Kolmannen kylkiluun paksuuden selvittämisessä Kaye ym. (2015) saivat erilaisen tuloksen kuin tässä tutkimuksessa. Myöskään kolmannen kylkiluun paksuutta ei suoraan tutkimuksessa raportoitu, mutta se saatiin vastaavasti laskettua henkitorven läpimitasta ja TT/3R-suhteesta. Näin laskemalla kolmannen kylkiluun paksuus oli röntgenissä 5,10 mm ja tietokonetomografiassa 7,11 mm. Kaye ym. (2015) tutkimuksen tuloksen eroa tähän tutkimukseen voitaneen perustella kolmannen kylkiluun paksuuden mittaamisen haastavuudella tietokonetomografiassa. Tietokonetomografiassa kuvaustiedosto koostuu useista yksittäisistä, peräkkäisistä leikkeistä, joiden etäisyys toisistaan vaihtelee kuvaussyyn ja -tekniikan mukaan. Tässä tutkimuksessa osassa kuvaustiedostoja leikkeiden väli saattoi olla suurikin, jolloin kolmannesta kylkiluusta saattoi olla saatavilla vain yksi leike, joka ei välttämättä ollut kylkiluun leveimmältä kohdalta. Röntgenkuvassa kolmannesta kylkiluusta taas on mitattavissa vain mittauskohdan suurin paksuus. Kaye ym. (2015) tutkimuksen eroa kolmannen kylkiluun paksuudessa tietokonetomografian ja röntgenin välillä taas voitaneen selittää kylkiluun muodolla, sillä kylkiluu ei ole täysin pyöreä. Röntgenkuvasta mitataan kylkiluun paksuus kaudo-kraniaali-suunnassa (Kuva 2, kohta D)) ja tietokonetomografiasta kylkiluun mitataan lateraalisuunnassa (Kuva 5).

TD/TI ja TT/3R vertailtiin tietokonetomografian ja röntgenin välillä. Vertailut tehtiin tietokonetomografian ja vasemmalla kyljellä otettujen röntgenkuvien välillä sekä tietokonetomografian ja oikealla kyljellä otettujen röntgenkuvien välillä. TD/TI ja TT/3R olivat tietokonetomografiassa tilastollisesti merkittävästi suuremmat kuin röntgenkuvissa kaikissa vertailuissa. Kaye ym. (2015) tutkimuksessa TD/TI oli tietokonetomografiassa 0,26 ja röntgenkuvissa 0,17. Tietokonetomografiassa TD/TI oli siis n. 53 % suurempi kuin röntgenissä. Tulos on siis saman suuntainen tämän tutkimuksen kanssa, mutta ero on vielä suurempi kuin tämän tutkimuksen 15,8 % ero. Koska TD/TI on kahden aiemmin tässä kappaleessa esitetyn arvon suhde, selittyy erot ja yhteneväisyydet tutkimusten välillä samoilla selityksillä kuin yllä on mainittu. TD/TI-suhteen ero mittausmenetelmien välillä kuitenkin tarkoittaa, etteivät suhteet ole täysin vertailukelpoisia eri kuvausmenetelmien välillä, vaikka Kaye ym. (2015) totesivatkin suhteiden korreloivan keskenään melko vahvasti ($r = 0,6$, $p = 0,00$). TT/3R taas oli Kaye ym. (2015) tutkimuksessa röntgenkuvassa noin 9 % suurempi kuin tietokonetomografiassa, kun

tässä tutkimuksessa TT/3R-suhde oli tässä tutkimuksessa tietokonetomografiassa 16,9 % suurempi kuin röntgenkuvassa. Tämäkin selittyy suhteen osatekijöillä, joita on pohdittu aiemmin tässä kappaleessa. Kaye ym. (2015) selvittivät, että TT/3R suhde ei korreloinut tietokonetomografian ja röntgenkuvien välillä ($p = 0,25$).

TD/TI- ja TT/3R-suhteita on käytetty henkitorven hypoplasian diagnosointiin erityisesti englanninbulldoggeilla ja muilla brakykefaalisilla lajeilla. Suhteiden käyttämiseen hypoplasian diagnosointiin ei kuitenkaan ole vahvistettuja normaaleita arvoja, vaan kirjallisuudessa viitataan usein pariin melko vanhaan tutkimukseen (Coyne & Fingland 1992; Harvey & Fink 1982). Sen lisäksi, että varsinaisia normaaleita arvoja ei suhteille ole vahvistettu, myös mittaustekniikka ei ole täysin yksioikoinen. Ingman ym. (2014) kritisoivat Harvey & Fink (1982) sekä Coyne & Fingland (1992) raportoimia mittausten menetelmiä oman tutkimuksen *Discussion* osuudessa. Ingman ym. (2014) mukaan TD/TI-mittauksissa ensimmäisen kylkiluun keskikohdan käyttäminen maamerkkinä rintaontelon apertuuran läpimitan mittauskohdan määrittämisessä on ongelmallinen, koska kylkiluun sijainti suhteessa selkänikamiin vaihtelee. Osissa kuvista kylkiluu on seitsemännen kaulanikaman kohdalla, osissa kuvista ensimmäisen rintanikaman, jolloin rintaontelon apertuuran läpimitta vaihtelee. TT/3R-mittauksissa Ingman ym. (2014) taas kritisoivat kolmannen kylkiluun löytämisen vaikeutta. Mikäli kuvattava kohde on röntgenkuvauksessa kääntynyt vähänkin tai potilaalla on epämuodostuneita selkänikamia, kuten brakykefaalisilla roduilla usein on, tai potilaan asento on muuten vähääkään huonossa asennossa, saattaa oikean kylkiluun löytäminen olla hankalaa. Lisäksi kylkiluut ovat kaudolateraalisesti kuperia, jolloin potilaan asento saattaa myös vaikuttaa kylkiluun paksuuteen röntgenkuvasta mitattuna (Ingman ym. 2014). Myös kylkiluiden päällekkäisyys keskenään röntgenkuvissa vaikeuttivat heidän mukaansa kylkiluun paksuuden mittaamista (Ingman ym. 2014). Kaiken kaikkiaan Ingman ym. (2014) olivat sitä mieltä, että TD/TI- ja TT/3R-suhteiden käyttämiseen diagnostiikassa olisi syytä suhtautua varauksella.

5.3. Painon, rodun, iän ja sukupuolen vaikutus henkitorven läpimittaan

Painon ja henkitorven läpimitan korrelaatiota testattiin vertaamalla koiran painoa kuuteen henkitorven läpimittaan; läpimittoihin rintaontelon apertuuran ja carinan kohdalla tietokonetomografiassa ja oikealla sekä vasemmalla kyljellä otetuissa röntgenkuvissa. Kaikissa läpimitan mittauskohdissa paino odotetusti korreloi positiivisesti ja vahvasti henkitorven

läpimitaan eli mitä suurempi eläin, sitä suurempi henkitorven läpimitta. Myös aiemmissa tutkimuksissa, joissa korrelaatiota on testattu, on tultu samankaltaisiin tuloksiin. Leonard ym. (2009) havaitsivat, että paino korreloi vahvasti henkitorven poikkileikkauspinta-alaan kaulan alueella, rintaontelon apertuuran kohdalla sekä rintaontelossa. Kaye ym. (2015) totesivat omassa tutkimuksessaan lievempiä korrelaatioita painon ja henkitorven läpimitan välillä. Lim ym. (2018) taas eivät havainneet tutkimuksessaan lainkaan korrelaatiota koirien painon ja henkitorven läpimitan välillä. Tässä tutkimuksessa ja Leonard ym. (2009) tutkimuksessa havaittu vahvempi korrelaatio painon ja henkitorven läpimitan välillä verrattuna Kaye ym. (2015) ja Lim ym. (2018) tutkimuksiin selittynee sillä, että Kaye ym. (2015) tutkimuksessa oli mukana vain englanninbulldoggeja ja Lim ym. (2018) tutkimuksessa oli mukana vain pieniä koiria, kun taas tässä ja Leonard ym. (2009) tutkimuksessa oli mukana useiden eri rotujen edustajia ja koirien painojen vaihtelu oli huomattavasti suurempaa. Koiran painoon vaikuttavat koiran koko sekä ylipaino, joista jälkimmäisellä ei liene ainakaan suurentavaa vaikutusta henkitorven läpimitaan. Tutkimalla vain yhtä koirarotua tai yhden painoluokan koiria on ylipainolla suurempi merkitys koirien painojen vaihteluun kuin tutkimalla useiden erikokoisten rotujen edustajia.

Henkitorven läpimittaa verrattiin valkoisten länsiylämaanterrierien ja muiden rotujen edustajien välillä. Juuri valkoisten länsiylämaanterrierin henkitorven läpimitan vertaamiseen muiden rotujen henkitorven läpimitaan päädyttiin, koska valkoisia länsiylämaanterrierejä osuus tutkimusmateriaalista oli suhteellisen suuri (20,70-26,67 % riippuen kuvausmenetelmästä). Vertailuja tehtiin yhteensä kuusi; henkitorven läpimitat rintaontelon apertuuran ja carinan kohdalla tietokonetomografiassa ja vasemmalla sekä oikealla kyljellä otetuissa röntgenkuvissa. Valkoisten länsiylämaanterrierien henkitorven läpimitta oli tilastollisesti merkittävästi pienempi kaikissa mittauskohdissa kuin muiden rotujen edustajien henkitorven läpimitta. Myös valkoisten länsiylämaanterrierin painoa ja ikää verrattiin muiden rotujen edustajien painoon ja ikään. Valkoisten länsiylämaanterrierien painon keskiarvo oli noin puolet muiden rotujen edustajien painon keskiarvosta ja niiden iän keskiarvo oli noin 3 vuotta suurempi kuin muiden rotujen edustajien iän keskiarvo. Valkoisten länsiylämaanterrierien huomattavasti pienempi keskimääräinen paino verrattuna muiden rotujen edustajien keskimääräiseen painoon selittää suurimmilta osin myös eron henkitorvien läpimitassa, sillä pienemmillä koirilla on myös keskimäärin pienempi henkitorven läpimitta. Valkoisten länsiylämaanterrierien keskimäärin korkeampi ikä verrattuna muiden rotujen

edustajien keskimääräiseen ikään voidaan selittää pääosin sillä, että tutkimuksen valkoiset länsiylämaanterrierit olivat olleet mukana aiemmassa keuhkofibroositutkimuksessa, johon valikoitui sairauden luonteesta johtuen keskimäärin vanhempia koiria.

Iän ja henkitorven läpimitan korrelaatiota testattiin vertaamalla koiran ikää kuuteen henkitorven läpimittaan; läpimittoihin rintaontelon apertuuran ja carinan kohdalla tietokonetomografiassa ja oikealla sekä vasemmalla kyljellä otetuissa röntgenkuvissa. Ikä ei korreloinut tilastollisesti merkittävästi henkitorven läpimittaan carinan kohdalta mitattuna oikealla ja vasemmalla kyljellä otetuissa röntgenkuvissa. Muissa neljässä vertailussa kuitenkin havaittiin heikko käänteinen korrelaatio iän ja henkitorven läpimitan välillä eli mitä vanhempi eläin, sitä pienempi henkitorven läpimitta. Muissa tutkimuksissa, joissa koirien ikää ja henkitorven läpimittaa on vertailtu, ei näiden välillä ole löydetty korrelaatiota (Kaye ym. 2015; Lim ym. 2018). Tässä tutkimuksessa selitys korrelaation löytymiselle lienee iäkkäiden valkoisten länsiylämaanterrierien suuri osuus tutkimusmateriaalissa. Selitys korrelaatiolle ei siis niinkään liene ainakaan tämän tutkimuksen osalta se, että vanhoilla koirilla olisi pienempi henkitorven läpimitta, vaan se, että monet vanhat koirat olivat tässä tutkimuksessa pieniä koiria, joilla on pienemmän kokonsa vuoksi myös pienempi henkitorven läpimitta.

Sukupuolen vaikutusta henkitorven läpimittaan testattiin vertaamalla keskenään urosten ja naaraiden kuutta henkitorven läpimittaa; läpimittoja rintaontelon apertuurassa ja carinassa tietokonetomografiassa ja oikealla sekä vasemmalla kyljellä otetuissa röntgenkuvissa. Tilastollisesti merkittäviä eroja ei löytynyt yhdessäkään vertailussa. Lim ym. (2018) tulivat tutkimuksessaan samaan tulokseen kuten myös Kara ym. (2004). Kaye ym. (2015) kuitenkin havaitsivat urosten henkitorvien olevan osissa mittauskohtia tietokonetomografiassa ja röntgenkuvissa tilastollisesti merkittävästi suurempia kuin naaraiden vastaavat mitat. Hekään eivät kuitenkaan löytäneet tilastollisesti merkittäviä eroja kaikista mittauskohdistaan sukupuolien välillä. Kaye ym. (2015) tutkivat tutkimuksessaan vain englanninbulldoggeja, kun taas tässä tutkimuksessa ja Lim ym. (2018) sekä Kara ym. (2004) tutkimuksissa oli mukana useita rotuja. Keskimäärin koiraurokset ovat hieman suurempia kuin naaraat, joten on mahdollista, että tutkimalla yksittäisiä rotuja suurempia otoskokoja käyttäen, löydettäisiin tilastollisesti merkittäviä eroja sukupuolten välillä.

5.4. Hengitysvaiheen vaikutus henkitorven läpimittaan

Hengitysvaiheen vaikutusta henkitorven läpimittaan selvitettiin vertaamalla henkitorven läpimittaa rintaontelon apertuurassa ja carinassa sisään- ja uloshengitysvaiheissa otetuissa röntgenkuvissa. Sekä carinassa että apertuurassa todettiin tilastollisesti merkittävä ero henkitorven läpimitassa eri hengitysvaiheissa. Sisäänhengitysvaiheessa henkitorven läpimitta oli 62-96 % (mittauskohdasta riippuen) prosenttia suurempi kuin sen läpimitta oli uloshengitysvaiheessa. Myös Leonard ym. (2009) huomasivat tutkimuksessaan henkitorven läpimitan olevan suurempi sisäänhengitysvaiheessa kuin uloshengitysvaiheessa. Heidän mukaan henkitorven läpimitta oli sisäänhengitysvaiheessa keskimäärin 5,5-6,0 % (mittauskohdasta riippuen) suurempi kuin uloshengitysvaiheessa. Suurimmillaan ero oli 24 %. Tässä tutkimuksessa hengitysvaiheiden välinen ero siis oli huomattavasti suurempi kuin Leonard ym. (2009) tutkimuksessa. Leonard ym. (2009) tutkimuksessa henkitorven läpimitat otettiin tietokonetomografiassa. Koirat olivat tutkimuksessa nukutettuina ja hengitysvaiheita indusoitiin käyttämällä positiivista sisäänhengityspainetta ja potilaiden hengityksen säätelyn käytettiin positiivista sisäänhengityspainetta. Tässä tutkimuksessa sisään- ja uloshengitysvaiheiden eroja tutkittiin röntgenkuvista. Potilaat olivat kuvattaessa pääosin hereillä tai rauhoitettuina ja useimmat hengittivät spontaanisti. Kuvausmenetelmä tuskin selittää eroja tutkimuksien välillä, sillä molemmissa sisään- ja uloshengitystä verrattiin keskenään samoilla menetelmillä. Tajunnan taso ja hengitystyyppi saattavat kuitenkin osaltaan selittää eroja. Leonard ym. (2009) toteavat tutkimuksensa *Discussion*-osuudessa, että on epävarmaa ovatko heidän tuloksensa samankaltaisia kuin tulokset spontaanisti hengittäville koirilla olisi. Eläimen hengittäessä spontaanisti, sen keuhkoja ympäröivään tilaan syntyy sisäänhengitysvaiheen aikana negatiivinen paine, joka laajentaa myös henkitorvea erityisesti rintaontelon sisällä. Tutkimusten väliseen eroon saattaa liittyä tämän tutkimuksen melko pieni otoskoko ja potilaiden koon suuri vaihtelu. Pieni otoskoko lisää sattuman merkitystä ja on hyvin mahdollista, että tämän tutkimuksen potilaat, joista on otettu röntgenkuva uloshengitysvaiheessa ovat vain sattumalta olleet keskimäärin pienempiä koiria kuin potilaat, joista on otettu kuva sisäänhengitysvaiheessa. Leonard ym. (2009) tutkimuksessa sattumalla ei ole yhtä suurta merkitystä, sillä kukin potilas kuvattiin sekä sisään- että uloshengitysvaiheissa.

5.5. Mittaajan vaikutus tutkimustuloksiin

Mittaajan vaikutusta tuloksiin tarkasteltiin vertailemalla eri mittauskerroilla kullakin menetelmällä ja kussakin kohdassa saatuja henkitorven läpimittoja keskenään. CV oli kussakin kohdassa hyväksyttävällä tasolla. Röntgenkuvissa eri mittauskerroilla henkitorven läpimitoilla ei ollut keskenään tilastollisesti merkittäviä eroja kummassakaan kohdassa. Tietokonetomografiassa taas eri mittauskertojen välillä oli sekä apertuuran että carinan kohdalla tilastollisesti merkittävät erot. Kolmannella mittauskerralla tietokonetomografiassa sekä rintaontelon apertuuran, että carinan kohdalla henkitorven läpimitaksi saatiin keskimäärin pienempiä arvoja kuin kahdella ensimmäisellä mittauskerralla. Mittaajan kokemattomuudella on luultavasti ollut jonkin asteinen vaikutus asiaan. Toinen mahdollinen tekijä lienee lievä kiire, joka mittaajalla oli tehdessään mittauksia muun lukuvuoden ollessa jo ohitse kesäkuun ensimmäisinä päivinä.

6 LÄHDELUETTELO

Adamama-Moraitou KK, Pardali D, Athanasiou LV, Prassinou NN, Kritsepi M, Rallis TS. Conservative management of canine tracheal collapse with stanazolol: a double blinded, placebo control clinical trial. *Int J Immunopathol Pharmacol* 2011, 24:111–118.

Alexander K. Canine and Feline Larynx and Trachea. Teoksessa: Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology. 7. p. Elsevier, St. Louis, Missouri, Yhdysvallat 2018. 583–95.

Aquino SL, Shepard JA, Ginns LC, Moore RH, Halpern E, Grillo HC, McLoud TC. Acquired tracheomalacia: detection by expiratory CT scan. *J Comput Assist Tomogr* 2001, 25:394–399.

Atkinson KJ, Fine DM, Thombs LA, Gorelick JJ, Durham HE. Evaluation of pimobendan and N-terminal pro-brain natriuretic peptide in the treatment of pulmonary hypertension secondary to degenerative mitral valve disease in dogs. *J Vet Intern Med* 2009, 23:1190–1196.

Bach JE, Kukanich B, Papich MG, McKiernan BC. Evaluation of the bioavailability and pharmacokinetics of two extended-release theophylline formulations in dogs. *J Am Vet Med Assoc* 2004, 224:1113–1119.

Bach JF, Rozanski EA, MacGregor J, Betkowski JM, Rush JE. Retrospective evaluation of sildenafil citrate as a therapy for pulmonary hypertension in dogs. *J Vet Intern Med* 2006, 20:1132–1135.

Baer GA, Terho M, Tiensuu T. Morphologic study of the adult trachea at the 7th and 12th ring. A study on specimens from 205 autopsies. *Surg Radiol Anat* 1987, 9:169.

Bemis DA, Appel MJG. Aerosol, parenteral, and oral antibiotic treatment of Bordetella bronchiseptica infections in dogs. *J Am Vet Med Assoc* 1977, 170:1082–1086.

Binn LN, Eddy GA, Lazar EC, Helms J, Murnane T. Viruses recovered from laboratory dogs with respiratory disease. *Proc Soc Exp Biol Med* 1967, 126:140–145.

Brown AJ, Davison E, Sleeper MM. Clinical efficacy of sildenafil in treatment of pulmonary arterial hypertension in dogs. *J Vet Intern Med* 2010, 24:850–854.

BVA. Brachycephalic dogs. British Veterinary Association 2018.

Calloway HE, Kimbell JS, Davis SD, Retsch-Bogart GZ, Pitkin EA, Abode K, Superfine R, Zdanski CJ. Comparison of endoscopic versus 3D CT derived airway measurements. *Laryngoscope* 2013, 123:2136–2141.

Carlisle CH, Biery DN, Thrall DE. Tracheal and laryngeal tumors in the dog and cat: literature review and 13 additional patients. *Vet Radiol* 1991, 32:229–235.

Chalker VJ, Brooks HW, Brownlie J. The association of *Streptococcus equi* subsp. *zooepidemicus* with canine infectious respiratory disease. *Vet Microbiol* 2003, 95:149–156.

Chalker VJ, Owen WMA, Paterson C, Barker E, Brooks H, Rycroft AN, Brownlie J. Mycoplasmas associated with canine infectious respiratory disease. *Microbiology* 2004, 150:3491–3497.

Cosio BG, Iglesias A, Rios A, Noguera A, Sala E, Ito K, Barnes PJ, Agusti A. Low-dose theophylline enhances the anti-inflammatory effects of steroids during exacerbations of COPD. *Thorax* 2009, 64:424–429.

Coyne BE, Fingland RB. Hypoplasia of the trachea in dogs: 103 cases (1974-1990). *J Am Vet Med Assoc* 1992, 201:768–772.

Crawford PC, Dubovi EJ, Castleman WL, Stephenson I, Gibbs EPJ, Chen L, Smith C, Hill RC, Ferro P, Pompey J, Bright RA, Medina M, Johnson CM, Olsen CW, Cox NJ, Klimov AI, Katz JM, Donis RO. Transmission of equine influenza virus to dogs. *Science* 2005, 310:482–485.

Dabanoglu I, Ocal MK, Kara ME. A Quantitative Study on the Trachea of the Dog. *Anat, Histol, Embryol* 2001, 30:57–59.

De Lorenzi D, Bertoncello D, Drigo M. Bronchial abnormalities found in a consecutive series of 40 brachycephalic dogs. *J Am Vet Med Assoc* 2009, 235:835–840.

Durant AM, Sura P, Rohrbach B, Bohling MW. Use of Nitinol Stents for End-Stage Tracheal Collapse in Dogs. *Vet Surg* 2012, 41:807–817.

Dyce KM, Sack WO, Wensing CJG. Textbook of veterinary anatomy. 4. p. Saunders/Elsevier, St. Louis, Missouri, Yhdysvallat 2010.

Ellis JA. How well do vaccines for Bordetella bronchiseptica work in dogs? A critical review of the literature 1977-2014. *Vet J* 2015, 204:5–16.

Eom K, Moon K, Seong Y, Oh T, Yi S, Lee K, Jang K. Journal of veterinary science. *J Vet Sci* 2008, 9:401–405.

Erles K, Toomey C, Brooks HW, Brownlie J. Detection of a group 2 coronavirus in dogs with canine infectious respiratory disease. *Virology* 2003, 310:216–223.

Evira. Mikrobilääkkeiden käyttösuositukset eläinten tärkeimpiin tulehdus- ja tartuntatauteihin. Evira 2016.

Evira 2018. Koirien rokotteet. <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elainlaakarit/palvelut-elainlaakareille/rokoteneuvonta/elainlajikohtaiset-rokotteet-ja-rokotussuosituksia/koirien-rokotteet/>, haettu 14.8.2018.

Ford RB, Larson LJ, Schultz Ronald D, Welborn Link V. 2017 AAHA Canine Vaccination Guidelines. AAHA 2017.

Galiè N, Ghofrani HA, Torbicki A, Barst RJ, Rubin LJ, Badesch D, Fleming T, Parpia T, Burgess G, Branzi A, Grimminger F, Kurzyna M, Simonneau G. Sildenafil citrate therapy for pulmonary arterial hypertension. *N Engl J Med* 2005, 353:2148–2157.

Griscom NT, Wohl ME. Tracheal size and shape: effects of change in intraluminal pressure. *Radiology* 1983, 149:27–30.

Harvey CE, Fink EA. Tracheal diameter: Analysis of radiographic measurements in brachycephalic and nonbrachycephalic dogs. *J Am Anim Hosp Assoc* 1982. 570-576.

Hawkins EC. Disorders of the Trachea and Bronchi. Teoksessa: Nelson,RW, Couto,CG (toim.) *Small Animal Internal Medicine*. 5. p. Elsevier/Mosby, St. Louis, Missouri, Yhdysvallat 2014. 297-315.

Heng HG, Lim CK, Gutierrez-Crespo B, Guptill LF. Radiographic and computed tomographic appearance of tracheal collapse with axial rotation in four dogs. *J Small Anim Pract* 2018, 59:53–58.

Heyer CM, Nuesslein TG, Jung D, Peters SA, Lemburg SP, Rieger CHL, Nicolas V. Tracheobronchial anomalies and stenoses: detection with low-dose multidetector CT with virtual tracheobronchoscopy--comparison with flexible tracheobronchoscopy. *Radiology* 2007, 242:542–549.

Husain SA, Finch D, Ahmed M, Morgan A, Hetzel MR. Long-term follow-up of ultraflex metallic stents in benign and malignant central airway obstruction. *Ann Thorac Surg* 2007, 83:1251–1256.

Hyttel P, Sinowatz F, Vejlsted M, Betteridge K. *Essentials of Domestic Animal Embryology*. Saunders Elsevier, Iso-Britannia 2010.

Ingman J, Näslund V, Hansson K. Comparison between tracheal ratio methods used by three observers at three occasions in English Bulldogs. *Acta Vet Scand* 2014, 56:79.

Johnson LR. *Clinical canine and feline respiratory medicine*. Wiley-Blackwell, Ames, Iowa, Yhdysvallat 2010.

Johnson LR, Pollard RE. Tracheal collapse and bronchomalacia in dogs: 58 cases (7 /2001-1 /2008). *J Vet Intern Med* 2010, 24:298–305.

Johnson LR, Singh MK, Pollard RE. Agreement Among Radiographs, Fluoroscopy and Bronchoscopy in Documentation of Airway Collapse in Dogs. *J Vet Intern Med* 2015, 29:1619–1626.

Johnson LR, Johnson EG, Vernau W, Kass PH, Byrne BA. Bronchoscopy, Imaging, and Concurrent Diseases in Dogs with Bronchiectasis: (2003–2014). *J Vet Intern Med* 2016, 30:247–254.

Kara ME, Turan E, Dabanoglu I, Ocal MK. Computed tomographic assessment of the trachea in the German shepherd dog. *Ann Anat* 2004, 186:317–321.

Kaye BM, Boroffka SAEB, Haagsman AN, Ter Haar G. Computed tomographic, radiographic, and endoscopic tracheal dimensions in English bulldogs with grade 1 clinical signs of brachycephalic airway syndrome. *Vet Radiol Ultrasoun* 2015, 56:609–616.

Kealy JK, McAllister H, Graham JP. The Thorax. Teoksessa: Diagnostic Radiology and Ultrasonography of the Dog and Cat. 5. p. Elsevier Saunders, St. Louis, Missouri, Yhdysvallat 2011. 199–349.

Kellum HB, Stepien RL. Sildenafil citrate therapy in 22 dogs with pulmonary hypertension. J Vet Intern Med 2007, 21:1258–1264.

Lappin MR, Blondeau J, Boothe D, Breitschwerdt EB, Guardabassi L, Lloyd DH, Papich MG, Rankin SC, Sykes JE, Turnidge J, Weese JS. Antimicrobial use Guidelines for Treatment of Respiratory Tract Disease in Dogs and Cats: Antimicrobial Guidelines Working Group of the International Society for Companion Animal Infectious Diseases. J Vet Intern Med 2017, 31:279–294.

Leonard CD, Johnson LR, Bonadio CM, Pollard RE. Changes in tracheal dimensions during inspiration and expiration in healthy dogs as detected via computed tomography. Am J Vet Res 2009, 70:986–991.

Levitan D, Kimmel S. Flexible endoscopy: respiratory tract. Teoksessa: Lhermette P, Sobel D (toim.) BSAVA Manual of Canine and Feline Endoscopy and Endosurgery. BSAVA, Iso-Britannia 2008. 84–96.

Lim S, Jeong J, Heng H, Sung S, Choi Y, Oh H, Kim K, Cho Y, Jung Y, Lee K. Computed tomographic features of tracheal shapes and dimensions in awake dogs. Vet Med-Czech 2018, 63:131–136.

MacPhail CM. Surgery of the Upper Respiratory System. Teoksessa: Fossum,TW (toim.) Small Animal Surgery, 4. p. Elsevier, St. Louis, Missouri, Yhdysvallat 2013. 906–957.

Macready DM, Johnson LR, Pollard RE. Fluoroscopic and radiographic evaluation of tracheal collapse in dogs: 62 cases (2001-2006). J Am Vet Med Assoc 2007, 230:1870–1876.

Madden BP, Park JES, Sheth A. Medium-term follow-up after deployment of ultraflex expandable metallic stents to manage endobronchial pathology. Ann Thorac Surg 2004, 78:1898–1902.

Maggiore AD. Tracheal and Airway Collapse in Dogs. Vet Clin N Am-Small 2014, 44:117–127.

Mantis P, Johnson V, Morandi F. The bronchial tree. Teoksessa: Schwartz,T, Johnson,V (toim.) BSAVA Manual of Canine and Felien Thoracic Imaging. BSAVA, Iso-Britannia 2008. 228–241.

McGeady TA, Cahalan S, Quinn PJ, Fitzpatrick ES, Ryan MT. Veterinary embryology. Blackwell Publishing, Ames, Iowa, Yhdysvallat 2006.

Meola SD. Brachycephalic airway syndrome. Top Companion Anim M 2013, 28:91–96.

Montgomery JE, Mathews KG, Marcellin-Little DJ, Hendrick S, Brown JC. Comparison of Radiography and Computed Tomography for Determining Tracheal Diameter and Length in Dogs. Veterinary Surgery 2015, 44:114–118.

Murphy LA, Russell N, Bianco D, Nakamura RK. Retrospective evaluation of pimobendan and sildenafil therapy for severe pulmonary hypertension due to lung disease and hypoxia in 28 dogs (2007–2013). *Vet Med Sci* 2017, 3:99–106.

Nafe LA, Robertson ID, Hawkins EC. Cervical lung lobe herniation in dogs identified by fluoroscopy. *Can Vet J* 2013, 54:955.

Nelson AW. Diseases of the trachea and bronchi. Teoksessa: Slatter, DH (toim.) *Textbook of Small Animal Surgery* 3. p. Saunders, Philadelphia, Pennsylvania, Yhdysvallat 2003. 858–880.

Nyland TG, Mattoon JS. *Small Animal Diagnostic Ultrasound*. 2. p. Saunders, Philadelphia, Pennsylvania, Yhdysvallat 2002.

Piirainen KJ, Viitanen SJ, Lappalainen AK, Mölsä SH. Intraluminal tracheal lipoma as a rare cause of dyspnoea in a dog. *Acta Vet Scand* 2018, 60:59.

Riecks TW, Birchard SJ, Stephens JA. Surgical correction of brachycephalic syndrome in dogs: 62 cases (1991–2004). *J Am Vet Med Assoc* 2007, 230:1324–1328.

Righini C, Aniwidyaningsih W, Ferretti G, Pra Y, Raymond CS, Ferretti K, Hustache C, Diab S, Reyt E, Pison CM. Computed tomography measurements for airway stent insertion in malignant airway obstruction. *J Bronchology Interv Pulmonol* 2010, 17:22–28.

Rozanski E. Canine chronic bronchitis. *Vet Clin N Am-Small* 2014, 44:107–116.

Rudorf H, Herrtage ME, White RA. Use of ultrasonography in the diagnosis of tracheal collapse. *J Small Anim Pract* 1997, 38:513–518.

Saad CP, Murthy S, Krizmanich G, Mehta AC. Self-expandable metallic airway stents and flexible bronchoscopy: long-term outcomes analysis. *Chest* 2003, 124:1993–1999.

Saari S, Näreaho A, Nikander S. *Elinympäristönä koira: koiran loiset ja loissairaudet*. Fennonet, Helsinki, Suomi 2016.

Schwarz T, Saunders J. Trachea. Teoksessa: *Veterinary Computed Tomography*. Wiley-Blackwell, 2011. 243–248.

Seeger W, Adir Y, Barberà JA, Champion H, Coghlan JG, Cottin V, De Marco T, Galiè N, Ghio S, Gibbs S, Martinez FJ, Semigran MJ, Simonneau G, Wells AU, Vachiéry J. Pulmonary hypertension in chronic lung diseases. *J Am Coll Cardiol* 2013, 62:109.

Shibata M, Wachi M, Kagawa M, Kojima J, Onodera K. Acute and subacute toxicities of theophylline are directly reflected by its plasma concentration in dogs. *Method Find Exp Clin* 2000, 22:173–178.

Speakman AJ, Dawson S, Corkill JE, Binns SH, Hart CA, Gaskell RM. Antibiotic susceptibility of canine *Bordetella bronchiseptica* isolates. *Vet Microbiol* 2000, 71:193–200.

Stadler K, Hartman S, Matheson J, O'Brien R. Computed tomographic imaging of dogs with primary laryngeal or tracheal airway obstruction. *Vet Radiol Ultrasound* 2011, 52:377–384.

Stern EJ, Graham CM, Webb WR, Gamsu G. Normal trachea during forced expiration: dynamic CT measurements. *Radiology* 1993, 187:27–31.

Sumner C, Rozanski E. Management of Respiratory Emergencies in Small Animals. *Vet Clin N Am-Small* 2013, 43:799–815.

Sura PA, Durant AM. Trachea and bronchi. Teoksessa: Tobias KM, Johnston SA (toim.) *Veterinary Surgery Small Animal*. Elsevier Saunders, St. Louis, Missouri, Yhdysvallat 2012. 1734–1751.

Sura PA, Krahwinkel DJ. Self-expanding nitinol stents for the treatment of tracheal collapse in dogs: 12 cases (2001-2004). *J Am Vet Med Assoc* 2008, 232:228–236.

Suter PF, Colgrove DJ, Ewing GO. Congenital hypoplasia of the canine trachea. *J Am Anim Hosp Assoc* 1972, 8:120–127.

Tham KM, Horner GW, Hunter R. Isolation and identification of canine adenovirus type-2 from the upper respiratory tract of a dog. *N Z Vet J* 1998, 46:102–105.

Trappler M, Moore K. Canine brachycephalic airway syndrome: pathophysiology, diagnosis, and nonsurgical management. *Comp Cont Educ Pract* 2011, 33:4.

Viitanen SJ, Lappalainen AK, Christensen MB, Sankari S, Rajamäki MM. The Utility of Acute-Phase Proteins in the Assessment of Treatment Response in Dogs With Bacterial Pneumonia. *J Vet Intern Med* 2017, 31:124–133.

Wagener JS, Sobonya R, Minnich L, Taussig LM. Role of canine parainfluenza virus and *Bordetella bronchiseptica* in kennel cough. *Am J Vet Res* 1984, 45:1862–1866.

Watanabe K, Hayashi K, Kijima S, Nonaka C, Yamazoe K. Tooth brushing inhibits oral bacteria in dogs. *Journal of Veterinary Medical Science* 2015, 77:1323–1325.

White RS, Williams JM. Tracheal collapse in the dog - is there really a role for surgery? A survey of 100 cases. *J Small Anim Pract* 1994, 35:191–196.

Wijnands WJ, Vree TB. Interaction between the fluoroquinolones and the bronchodilator theophylline. *J Antimicrob Chemoth* 1988, 22:109–114.

Williams JM, Krebs IA, Riedesel EA, Zhao Q. Comparison of fluoroscopy and computed tomography for tracheal lumen diameter measurement and determination of intraluminal stent size in healthy dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 2016, 57:269–275.

Withrow SJ. Tumors of the Respiratory System. Teoksessa: Withrow,SJ, Vail,DM, Page,RL (toim.) *Withrow and MacEwen's Small Animal Clinical Oncology*. Elsevier, St. Louis, Missouri, Yhdysvallat 2012. 432–462

Zanzonico P. Noninvasive Imaging for Supporting Basic Research. Teoksessa: Kiessling,F, Pichler,BJ, Hauff,P (toim.) *Small Animal Imaging: Basics and Practical Guide*. 2 p. Springer International Publishing, 2017. 3–32.

